VISZKOZITÁS

és FOLYADÉKOK SŰRŰSÉGMÉRÉSE

Dr. Kausay Tibor

2012. szeptember 28.

Frissítve: 2016. október 20.

ALAPFOGALMAK

Ideálisan rugalmas (elasztikus) testek: Az alakváltozás (ε) arányos az azt kiváltó feszültséggel (σ). Az arányossági tényező a rugalmassági modulus (E), az összefüggés a *Hooke*-törvény (reverzibilis folyamat):

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

- **Ideálisan viszkózus (newtoni) testek: Az alakváltozást okozó nyírófeszültség (τ_{newtoni}) hatására azzal arányos (η) sebességű folyás (sebesség gradiens: $\mathrm{d}\varepsilon/\mathrm{d}t$) jön létre (irreverzibilis folyamat):**

$$\tau_{\mathrm{newtoni}} = \eta \cdot (\mathrm{d}\varepsilon/\mathrm{d}t)$$

- **Ideálisan képlékeny (plasztikus) testek (*Bingham* testek): Egy bizonyos nyírófeszültség (τ_0) eléréséig nincs alakváltozás (mozgás, folyás), ezt követően az anyag ideálisan viszkózus anyagként viselkedik (irreverzibilis folyamat):**

$$\tau = \tau_0 + \tau_{\mathrm{newtoni}} = \tau_0 + \eta \cdot (\mathrm{d}\varepsilon/\mathrm{d}t)$$

Fogalom meghatározás

A viszkozitás az a nyíróerő, amely az anyag belsejében az alakváltozással szemben hat, tehát tulajdonképpen belső súrlódás.

Halmazállapottól függetlenül az anyag alakjának maradó megváltoztatásához munka szükséges.

Áramló folyadékok esetében az egyes szomszédos rétegek a viszkozitás (belső súrlódás) következtében egymás mozgását gátolják.

Folyadékok esetén nyúlósságról („sűrűnfolyósságról") is beszélnek, amelynek kifejezője a viszkozitás.

A viszkozitás reciproka a fluiditás (folyékonyság). A folyékonyabb anyag viszkozitása kisebb.

Reológia **(görög elemekből összetett szó)**

reo- → **folyás, áramlás**

-lógia → **valamely területtel foglalkozó tudomány**

- **fizikai jelentése: A folyadékok folyási tulajdonságaival foglalkozó tudományág**
- **műszaki jelentése: Az anyagoknak az idő okozta változásait vizsgáló műszaki tudományág**

A viszkozitás jelenségét a *Newton*-féle* súrlódási törvény írja le, amely a viszkozitással (belső súrlódással) jellemzett valódi folyadék lineáris áramlása esetén a különböző „*v*” (nű) sebességgel áramló szomszédos rétegek között fellépő, az áramlás irányával párhuzamos erőre vonatkozó erőtörvény.

Ha két szomszédos folyadékréteg felülete „*A*” és a sebességváltozás az áramlási irányra merőleges „*z*” tengely mentén d*v*/dz, akkor az „*F*” belső súrlódási erő nagysága a Newton-féle súrlódási erőtörvény szerint:**

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}z}$$

ahol „*η*” az ún. belső súrlódási tényező, más néven dinamikai viszkozitás. ⇒

*** *Sir Isaac Newton* (1643-1727) angol fizikus**

**** Az áramlás irányára merőlegesen pontról pontra más az áramlás sebessége.**

Az „η" belső súrlódási tényező, más néven dinamikai viszkozitás az az erő, amely két egységnyi felületű (A = 1) folyadékrétegnek egymáshoz képest egységnyi sebesség-gradienssel (dv/dz = 1 s^{-1}) való elmozdításához szükséges:

$$\eta = \frac{F}{A \cdot \frac{dv}{dz}} \quad \left[\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2 \cdot \frac{1}{\mathrm{s}}} = \mathrm{N} \cdot \mathrm{s} \cdot \mathrm{m}^{-2} = \mathrm{Pa} \cdot \mathrm{s} = 10 \cdot \mathrm{P} = 10^3 \cdot \mathrm{cP} \right]$$

ahol: Pa (pascal*) = N/mm^2 a feszültség mértékegysége az SI mértékrendszerben;

s (másodperc) = az idő mértékegysége az SI mértékrendszerben;

P (poise) = g/(cm·s) a viszkozitás mértékegysége a cgs mértékrendszerben;**

cP (centipoise) = P/100 a cgs mértékrendszerben.

A 20,2 °C hőmérsékletű víz dinamikai viszkozitása:

$\eta_{víz}$ = 1 cP (centipoise) = 1 mPa·s (millipascal·secundum)

*** *Blaise Pascal* (1623-1662) francia matematikus, filozófus**

**** *Jean Louis Poiseuille* (poázöj, 1799-1869) francia orvos és fizikus**

Kinematikai viszkozitás = (dinamikai viszkozitás)/sűrűség

Mértékegysége a cgs mértékrendszerben a St (stokes*):

$$St = \eta/\rho = \frac{\frac{g}{cm \cdot s}}{\frac{g}{cm^3}} = cm^2 \cdot s^{-1} = 10^2 \cdot cSt$$

az SI mértékrendszerben:

$$m^2 \cdot s^{-1} = 10^4 \cdot St = 10^6 \cdot cSt \text{ (centistokes)}$$

A dinamikai viszkozitás (belső súrlódás) nagymértékben függ az anyag halmazállapotától és hőmérsékletétől. A szilárd testek belső súrlódása a 10^{18} P-t is eléri, míg a folyadékoké általában $10\text{-}10^{-3}$ P, a gázoké pedig $10^{-3}\text{-}10^{-5}$ P.

A hőmérséklet emelkedésével a szilárd testek és folyadékok belső súrlódása csökken, a gázoké növekszik.

***George Gabriel Stokes* (1819-1903) angol fizikus, matematikus**

Közbevetőleg:

A kinematikai viszkozitás meghatározásához ismernünk kell a folyadék sűrűségét.

A folyadékok sűrűségmérésének egyik eszköze az areométer.



Az areométer folyadékok sűrűségét mérő eszköz. Működése *Archimédesz* törvényén alapszik, mely szerint a vízbe merülő test folyadékot szorít ki, melynek súlya megegyezik a test súlyával. Vagyis a műszer addig merül, míg az általa kiszorított víz súlya megegyezik saját súlyával. Így minél kisebb sűrűségű a folyadék, annál mélyebbre merül az areométer. A skálán a számok felülről lefelé növekszenek. Az areométer üvegből készített, zárt cső. A felső része szűkebb, osztásokkal ellátott cső. Ezután következik egy bővülő, levegő tartalmú rész, a has. Ebben lehet a hőmérő elhelyezve, de ez nem minden areométerre jellemző. Majd ez újra összeszűkül, itt golyók, sörétek, vagy higany található, (általában piros színű) paraffinnal lezárva. Ez a rész hivatott az areométer merülését beállítani, és areométert függőleges helyzetben tartani.

Az areométer különböző sűrűségű folyadékokban, különböző mélységben merül alá. A felső, vékony csőbe helyezett skála segítségével lehet leolvasni a sűrűség értékét. Ezt úgy kapjuk meg, ha a skála vízfelszínnel érintkező pontján lévő számot olvassuk le. Az areométer érzékenysége fordítottan arányos a cső méretének átmérőjével. Csak nagyon kicsi sűrűség-tartományban használható, így sorozatot készítenek belőle, melynek tagjaival pontosan megkereshető a vizsgált folyadék sűrűsége.

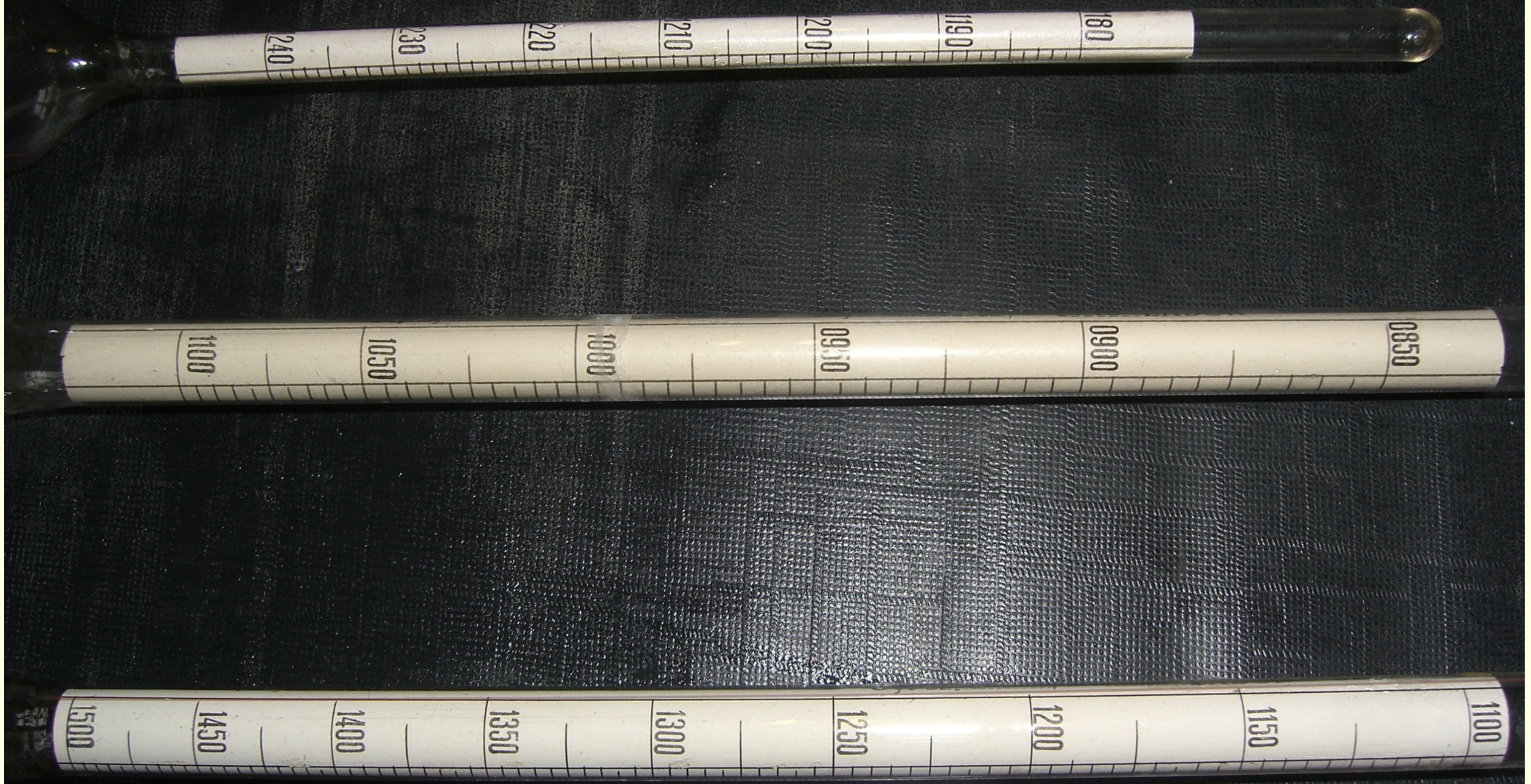
Forrás: http://vcsaba93.uw.hu/html/4fejezet/surusegmero/areometer.html

Areométerek

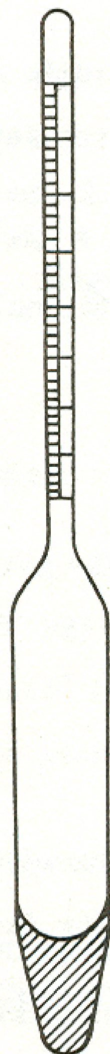


2016/10/24 11:34

Areométerek



2.22 Sürüségmérés areométerrel



II/94. ábra
Merülő sürüségmérő

Merülő sürüségmérő (areométer) üvegből készitett, mély sulyponttu hengeres uszótest, tapasztalati skálával ellátott nyéllel (II/94. ábra).

A készülék folyadékok sürüségének (fajsulyának) meghatározására alkalmas.

A mérendő folyadékot mérőhengerbe töltjük, mely legalább 20 mm-rel nagyobb átmérőjü, mint az areométer hengerteste. A folyadékoszlop oly magas legyen, hogy a benne uszó areométer alja alatt még legalább 20 mm magas folyadéktér maradjon. Az areométert a folyadékba helyezve, az egyensuly beállta után, a meniszkusz felső élénél leolvassuk a skálajelzést. Egyidejüleg az areométerbe beépitett vagy külön hőmérőn leolvassuk a folyadék hőmérsékletét. Ügyeljünk arra, hogy leolvasáskor az areométer szabadon usszon a folyadékban, ne tapadjon a mérőhenger falához. Pontos areométert 5 tizedes pontossággal lehet leolvasni.

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

Az areométerek rendszerint +20°C-ra vannak hitelesitve. Ha a mérést ettől eltérő hőfokon végezzük, akkor az MSZ 3259 szabvány vonatkozó táblázatával lehet a mérési értéket 20°C-ra átszámitani. Táblázat hiányában az alábbi képlet használható:

$$\rho = \rho' - \beta(t' - 20),$$

ahol:

ρ = a 20°C-ra átszámitott skálaérték;

t' = a méréskori hőmérséklet;

ρ' = a t' hőmérsékleten leolvasott skálaérték;

$0{,}000025 \leqq \beta \leqq 0{,}000027$ az üveg köbös hőkiterjedési együtthatója.

Vannak különleges beosztásu (Beaumé, Brix, Balling - stb.) fokmérők.

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

Az anyagvizsgálatoknál használatos areométerek a sürüséget g/cm^3-ben adják meg. A pontos sürüségmérők szük mérési tartományuak. Nagyobb mérési tartományhoz areométer-sorozatot készitenek.

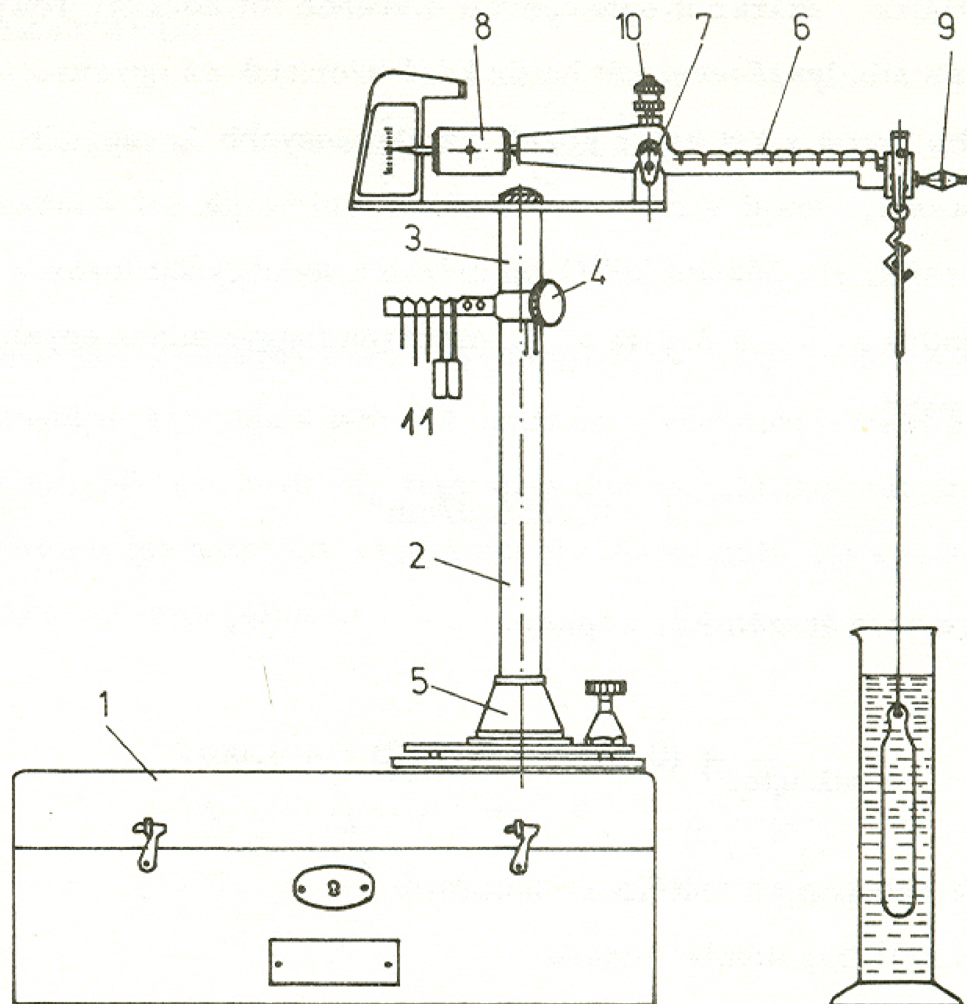
A $0,7 \leqq \varrho \leqq 1,84$ tartományra van 19 tagu, 10 tagu és a $0,6 \leqq \varrho \leqq 2,0$ tartományra van 4 tagu sorozat. A legdurvább 4 tagu sorozat tagjai (DIN 12793).

A tag jele:	A	B	C	D	
Alsó mérési határ:	0,60	0,85	1,10	1,50	g/cm^3
Felső mérési határ:	0,85	1,10	1,50	2,0	g/cm^3

2.23 Sürüségmérés Mohr-Westphal-mérleggel

Mohr-Westphal-mérleg (II/95. ábra) egy folyadékba meritett - ismert térfogatu üvegtest sulyveszteségét (látszólagos tömegveszteségét) méri. Ez egyenlő a kiszoritott folyadék sulyával (tömegével).

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.



II/95. ábra
Mohr Westphal mérleg

1. doboz; 2. mérleg oszlop; 3. kiemelhető és megfelelő magasságban rögzithető betétrud; 4. rögzitő csavar; 5. talpcsavarokkal ellátott talp; 6. mérlegkar; 7. acél él és élágy; 8. durva állitó tolósuly; 9. finombeállitó anya; 10. érzékenység szabályozó; 11. lovasok

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

A müszer - egy egyenlőtlenkaru mérleg.

A mérleg egyik karjának végére vékony fémszállal üveguszót függesztenek. Az uszó sokszor egyuttal hőmérő is. A mérlegkart a középső él és a kengyelt tartó él között 10 egyenlő részre osztják, a kilenc közbenső osztás felett horony van kiképezve a lovasok számára.

A legnehezebb sulyu lovas tömege egyenlő az uszó által kiszoritott 20°C-os viz tömegével, általában 10 g. A kisebb lovasok ezen egységsuly 0,1, 0,01; 0,001 részei. A mérlegkaron egymástól egyenlő távolságra 9 bevágás van.

Mérés előtt a mérleget a talpcsavarral egyensulyba kell hozni. Ha az uszót 20°C-os desztillált vizbe mártjuk, akkor az egyensuly megbomlik. Helyrejön az egyensuly, ha a legnagyobb lovast az uszó feletti kampóra akasztjuk (II/95. ábra).

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

Vizsgálatkor a tiszta, száraz üveghengert a mérendő folyadékkal töltjük meg, és a legnehezebb lovas áthelyezésével két határ közé szoritjuk az egyensulyozó erőt. Ezután a legnagyobb lovast a két határ közül az alacsonyabb bevágásába helyezzük és a következő lovassal, majd sorra a kisebbekkel ismételjük ezt a müveletet, mig az egyensuly helyreáll. Ha például 20°C-on mérve a legnagyobb lovas a 7. osztáson, a következők rendre a 3., a 8., és az 5. osztáson függve adnak egyensulyt, akkor a folyadék sürüsége:

$$\varrho = 0{,}7385 \text{ g/cm}^3.$$

(A légüres térre való átszámitás képlete:

$$\varrho_{vakuum} = (0{,}99823 - 0{,}0012)\,\varrho + 0{,}0012$$

Ezt a korrekciót azonban az épitőipari laborató-riumokban nem kell figyelembe venni).

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

Fajsuly: $\gamma = \dfrac{\text{suly}}{\text{tömör térfogat}} \quad \left(\dfrac{\text{p}}{\text{cm}^3}\right)$

Sürüség: $\varrho = \dfrac{\text{tömeg}}{\text{tömör térfogat}} \quad \left(\dfrac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$

Anyagtérfogatsuly: $\gamma_a = \dfrac{\text{suly}}{\text{anyagtérfogat}} \quad \left(\dfrac{\text{p}}{\text{cm}^3}\right)$

Testsürüség: $\varrho_a = \dfrac{\text{tömeg}}{\text{anyagtérfogat}} \quad \left(\dfrac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$

Tömörség: $t = \dfrac{\gamma_a}{\gamma} = \dfrac{\varrho_a}{\varrho}$

Hézagtérfogat: $h = 1 - t$

Ismétlésképpen!
1 pond = 9,81×10^{-3} N
1 kp = 9,81 N

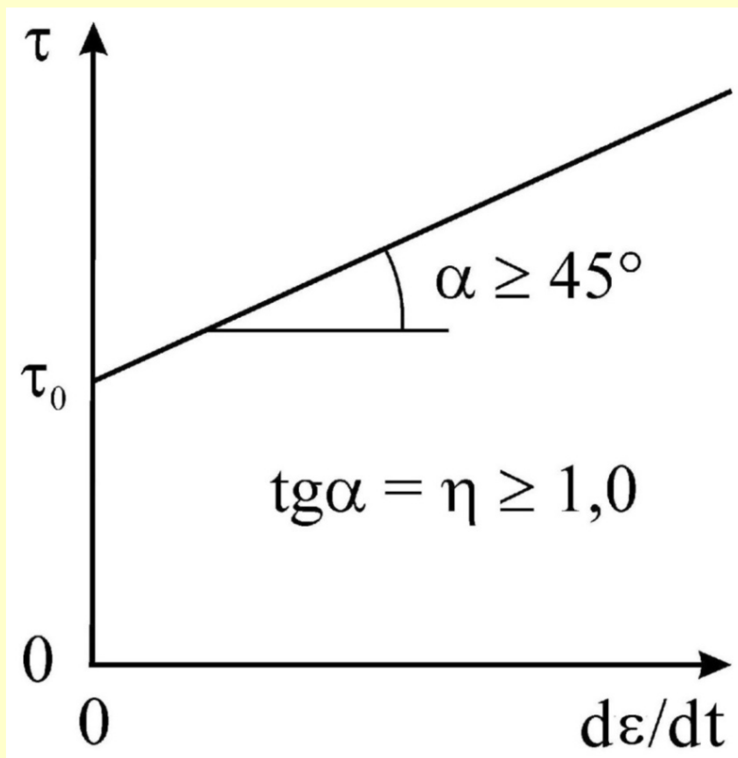
befoglaló térfogat,
azaz térfogat a pórusokkal együtt

Forrás: *Weiss György*: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1974.

Reológiai értelemben a folyáshatár (τ_0) az a nyírófeszültség (τ), amely ahhoz szükséges, hogy a gázok, folyadékok és folyadékszerű anyagok (például szuszpenziók, emulziók, kolloid rendszerek, esetünkben például a cementpép, zöldbeton, öntömörödő beton stb.) folyása meginduljon. Megkülönböztetésül a szilárdságtani értelmezéstől reológiai folyáshatárnak (τ_0) nevezzük. A *Bingham*-törvény* szerint, ha η [Pa·s] a dinamikai viszkozitás és dε/d*t* [1/s] a sebesség-gradiens (az alakváltozás sebessége), akkor a reológiai folyáshatár:

$$\tau_0 = \tau - \tau_{newtoni} = \tau - \eta \cdot (d\varepsilon/dt)$$

Mértékegysége: Pa

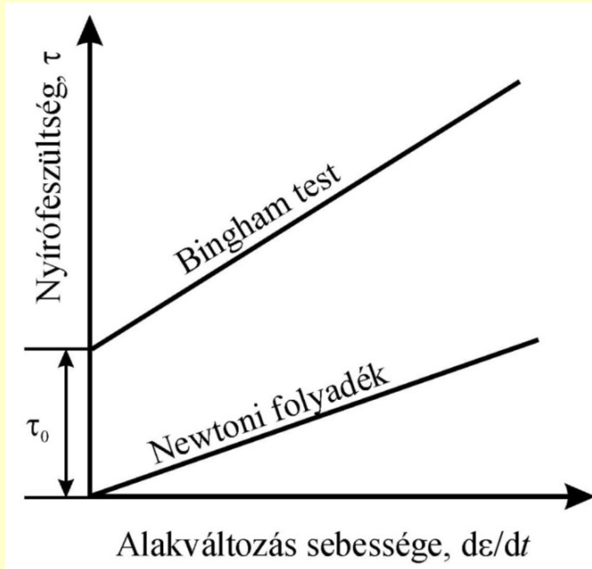


Az ideálisan képlékeny (plasztikus) testek esetén a folyás megindulásához szükséges, az ábrán (τ_0; dε/d*t* = 0)-val jelölt nyírófeszültséget a fizikában alsó folyáshatárnak nevezik (τ_a; dε/d*t* = 0).

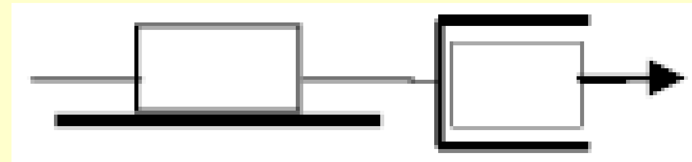
A *Bingham*-féle ideálisan képlékeny (plasztikus) testek folyásgörbéje

* ***Eugene Cook Bingham*** **(1878-1945) amerikai kémikus és reológus**

A newtoni folyadékot az különbözteti meg a binghami testtől, hogy az alakváltozás sebessége (dε/d*t*) és a nyírófeszültség (τ) koordinátarendszerében a newtoni folyadék egyenese az origóból indul ki (τ_0 = 0), a binghami test esetén pedig a $\tau = \tau_0$ ordináta pontból.

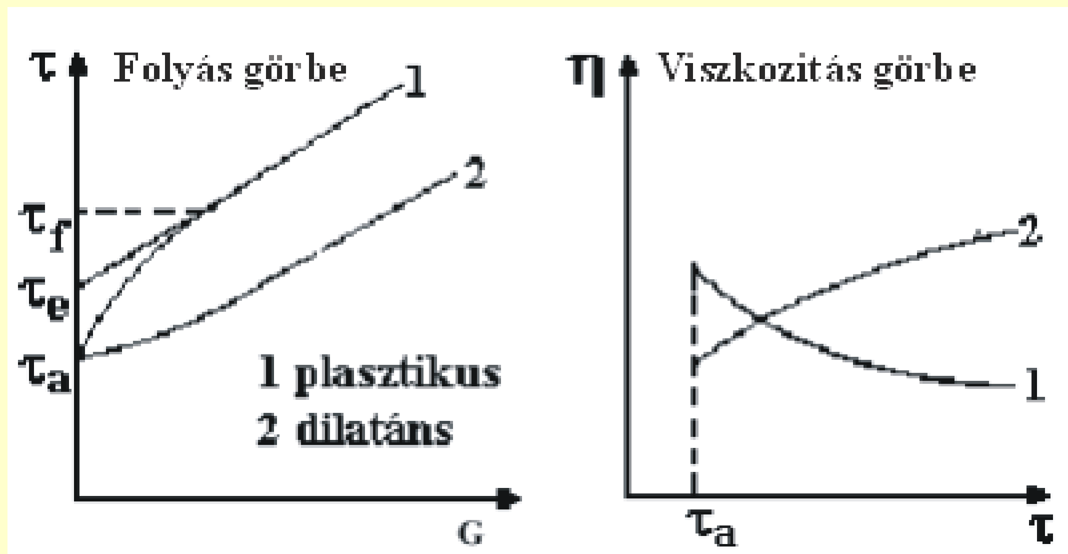


Az ideálisan képlékeny (plasztikus) *Bingham*-féle testek esetén – a newtoni folyadékkal szemben – a folyás csak akkor indul meg, amikor a nyírófeszültség a τ_0 reológiai folyáshatárt eléri.



$$\tau = \tau_0 + \tau_{newtoni} = \tau_0 + \eta\cdot(\mathrm{d}\varepsilon/\mathrm{d}t)$$

A reálisan képlékeny testek folyásgörbéjének kezdeti szakasza – az ideálisan képlékeny testekétől eltérően – nem lineáris, hanem görbe, és azt a nyírófeszültséget, ahol a görbe lineárissá válik, *felső folyáshatárnak* (τ_f; dε/d*t* ≠ 0) nevezik. A *Bingham*-féle ideálisan képlékeny testek az *alsó folyáshatár* (τ_a; dε/d*t* = 0) felett, a reálisan képlékeny testek a *felső folyáshatár* (τ_f; dε/d*t* ≠ 0) felett követik a newtoni testek folyásának lineáris törvényszerűségét.



Reálisan képlékeny (plasztikus) testek folyás és viszkozitás görbéi

Magyarázat:

$G = d\varepsilon/dt$ (sebesség-gradiens)

Pszeudo- (görög előtag) = = látszólagos

dilatáns (latin) = táguló

1. **Pszeudoplasztikus testek (nyírásra vékonyodó). Gyakori jelenség. Növekvő nyírófeszültség hatására először csökken a viszkozitás (jobb oldali ábra), egészen a felső folyáshatárig, ahonnan az anyag newtoni folyadékként viselkedik. A folyás görbén a görbe érintőjének iránytangense csökken (bal oldali ábra), ugyancsak a felső folyáshatárig. Ennek oka, hogy a kezdetben rendezetlen molekulák az erő irányába rendeződnek.**
2. **Pszeudodilatáns (nyírásra vastagodó) testek. Ritka. Növekvő nyírófeszültség hatására először növekszik a viszkozitás (jobb oldali ábra), egészen a felső folyáshatárig, ahonnan az anyag newtoni folyadékként viselkedik. A folyás görbén a görbe érintőjének iránytangense növekszik (bal oldali ábra), ugyancsak a felső folyáshatárig. Ezt a jelenséget a pórusoknak a nyírás hatására bekövetkező térfogat-növekedésével magyarázzák.**

Viszkozitás mérés

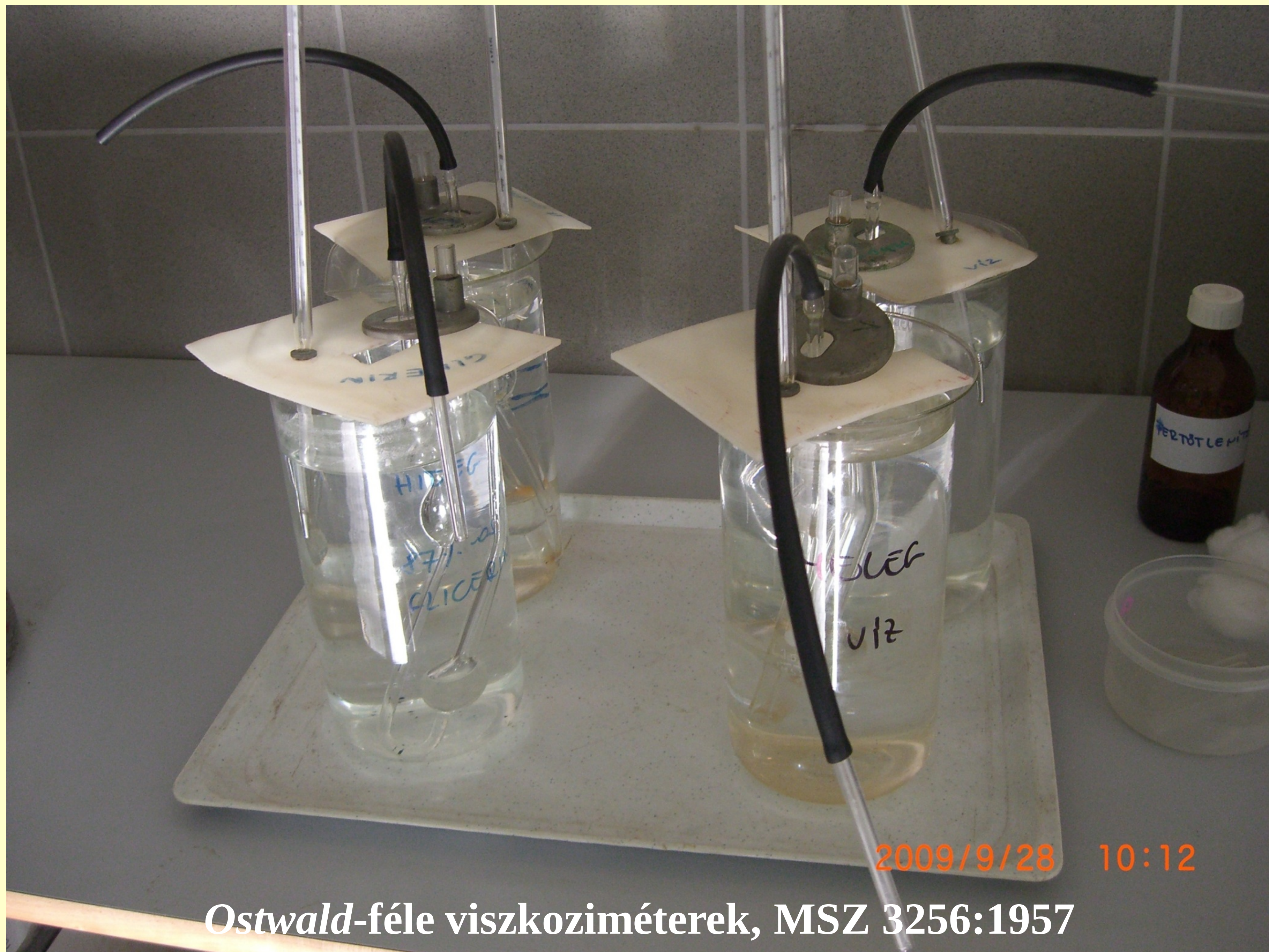
Az építőiparban alkalmazott viszkózus anyagok viszkozitása széles határok között változik. A viszkozitás mérésére alkalmazott számos eszköz, egyrészt a mérési tar-tományban, másrészt a pontosságban különbözik, de azonos célra használható eszköz is többféle van. A viszkozitás mérésére lamináris mozgásban levő folyadékokat használnak. Ezekre a mozgásokra a hőmérsékletnek nagy hatása van, ezért a mé-réseknél a hőmérsékletet 0,05 - 0,1 ºC -ra pontosan kell leolvasni, illetve betartani.

A főbb viszkozitás mérő típusok a következők:

- **Kapilláris viszkoziméterek (pl. *Ostwald*-féle* viszkoziméter);**
- **Ejtőtestes viszkoziméterek (pl. *Höppler*-féle** viszkoziméter);**
- **Kifolyási viszkoziméterek (pl. *BART* viszkoziméter és egyéb, pl. tölcséres eszközök, pl. az adalékanyagok szemalakjának vagy a festékek hígításának vizsgálatára);**
- **Rotációs viszkoziméterek (pl. rugós plaszticiméter, „konzisztométer");**
- **Dinamikus viszkoziméterek (pl. *Humm*-féle szonda, *VEBE* készülék);**
- **Penetrométerek (pl. *Vicat*-féle készülék a cement kötési idejének vizsgálatára). Penetrálás (latin eredetű szó), jelentése: behatolás.**

**** Friedrich Wilhelm Ostwald* (1853-1932) Nobel-díjas (1909) német-lett kémikus, filozófus**

***** Ernst Fritz Höppler* (1897-1955) német mérnök, kémikus, reológus**



Ostwald-féle viszkoziméterek, MSZ 3256:1957

Ostwald-féle (módosított) viszkoziméter



Ostwald-**féle (módosított) viszkoziméter** ***K*** **készülék-állandója**

Az *Ostwald*-féle (módosított) viszkoziméter olyan kapilláris csővel ellátott üvegedény, amely az állandó *V* térfogatú folyadék kifolyási idejének mérésére alkalmas.

***Poiseuille* (poázöj) szerint az *ℓ* hosszúságú és *r* sugarú kapillárison keresztül, *p* közepes nyomás mellett, *t* idő alatt kifolyó, *η* dinamikai viszkozitású (belső súrlódású) folyadék *V* térfogata lamináris áramlás esetén:**

$$V = \frac{p \cdot r^4 \cdot \pi}{8 \cdot \ell \cdot \eta} \cdot t \quad \rightarrow$$

$$\eta = \frac{p \cdot r^4 \cdot \pi}{8 \cdot \ell \cdot V} \cdot t = K \cdot t \quad [\boldsymbol{mPa \cdot s = cP}]$$

$$\textbf{\textit{ahol}} \quad K = \frac{p \cdot r^4 \cdot \pi}{8 \cdot \ell \cdot V} \quad [\textbf{\textit{mPa (millipascal)}}]$$

Magyarázat: Lamináris áramlás olyan áramlás, amelyben a vékony folyadék rétegek egymás mellett *különböző sebességgel* mozognak.

A $K = \frac{p \cdot r^4 \cdot \pi}{8 \cdot \ell \cdot V}$ $[\mathrm{mPa}]$ **kifejezés a készülék-állandó.**

Ha lemérjük egy ismert *K* készülék-állandójú üvegedényben a *V* térfogatú folyadék *t* kifolyási idejét másodpercben, akkor a *K·t* szorzat az *η* dinamikai viszkozitást adja cP mértékegységben.

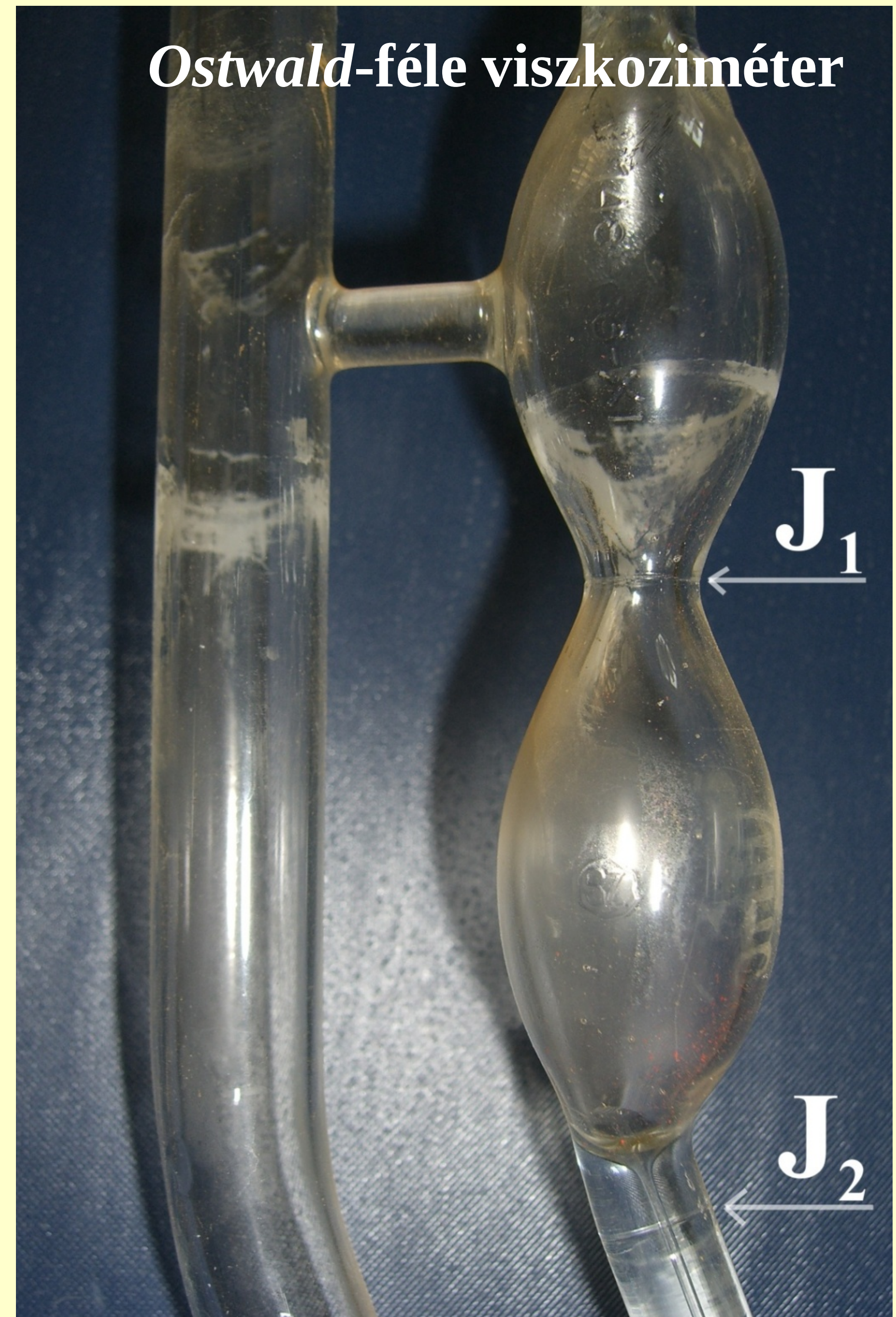
A mérést megelőzően a vizsgálandó folyadékot tartalmazó *Ostwald*-féle üvegedényt (készüléket) termosztáló vízfürdőbe merítjük, amelynek *T* hőmérsékletét feljegyezzük.

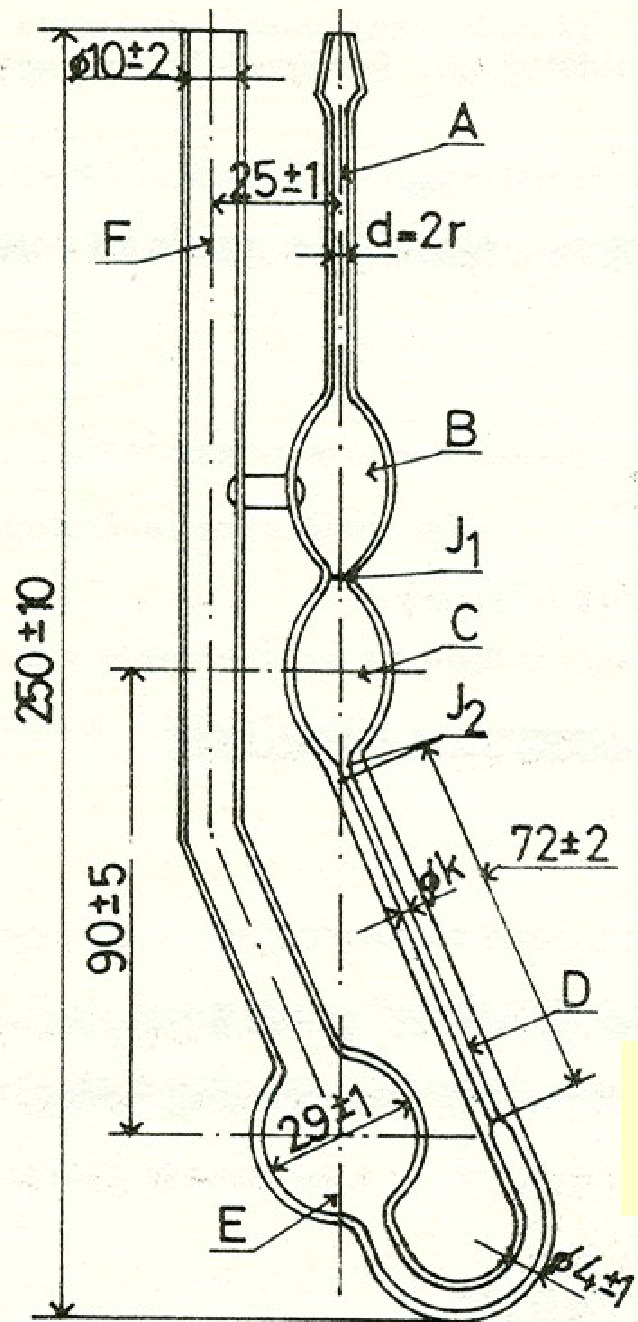
A mérés során az üvegedény alsó, gömb-alakú részében lévő vizsgálandó folyadékot megszívjuk úgy, hogy annak szintje a kapillárison keresztül az üvegedény felső, kettős gömb-alakú részébe emelkedjék.

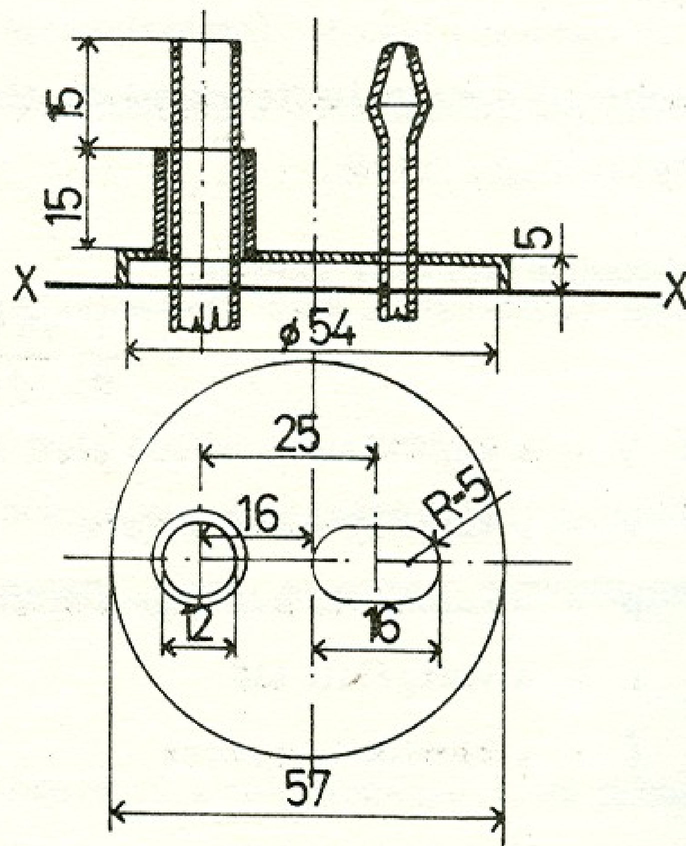
Ezután engedjük a folyadékot visszafolyni.

Mérjük másodpercben azt a *t* időt, amely a folyadék szintnek a két gömb-alak közötti elvékonyított részen lévő felső jeltől („J_1”) a kettős gömb-alakú rész alatti elvékonyított részen lévő alsó jelig („J_2”) történő süllyedéséig eltelik.

A *T* hőmérsékletű folyadék *η* viszkozitását cP-ban a *K·t* szorzat adja.



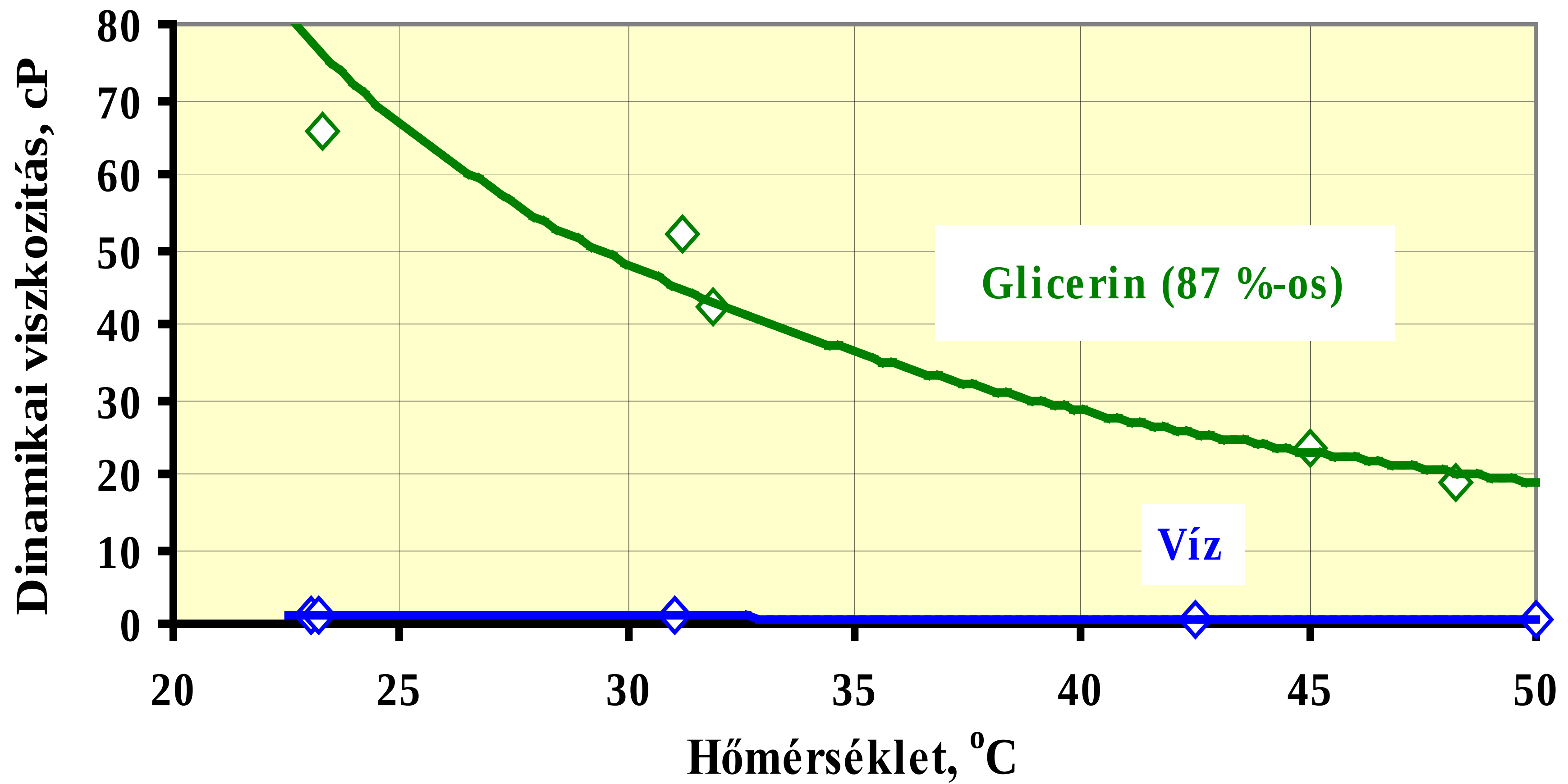




A módosított *Ostwald*-féle viszkoziméter rajza *Weiss György* könyvében (1976)

Ostwald-féle készülékkel mért dinamikai viszkozitások

Folyadék megnevezése	**Folyadék hőmérséklete** *T* **[°C]**	**Készülék-állandó** *K* **[mPa]**	**Kifolyási idő** *t* **[s]**	**Dinamikai viszkozitás** $\eta = K \cdot t$ **[cP]**
Víz	23,0	0,0039	290	1,13
	23,0	0,0038	280	1,06
	23,2	0,1036	11,5	1,19
	31,0	0,1036	8,50	0,88
	42,5	0,0038	191	0,73
	50,0	0,0038	160	0,61
Glicerin (87 %-os analitikai tisztaságú)	22,5	1,3000	66,0	85,8
	23,3	1,2940	51,0	66,0
	31,2	1,2940	40,0	51,8
	31,9	1,2940	32,5	42,1
	45,0	1,2940	18,0	23,3
	48,2	1,3000	14,6	19,0


Ostwald -féle készülékkel mért dinamikai viszkozitás
Dinamikai viszkozitás, cP
80
70
60
50
40
30
20
10
0
20
25
30
35
40
45
50
Hőmérséklet, °C
Glicerin (87 %-os)
Víz

Höppler-féle viszkoziméter

Golyó

l

Höppler-féle viszkoziméter rajza
Weiss György könyvében (1976)

5-10°
a
c
b
n
k
d
15,94 ϕ
100 mm
e
j
f
g
m
h
l

A *Höppler*-féle viszkoziméterrel a dinamikai viszkozitás mérhető 0,01-1000000 cP között. Általában híg olajoktól (kb. 0,5 cP) kátrányokig (kb. 400000 cP) terjedő viszkózus anyagok vizsgálatára alkalmazzák.

A vizsgálati hőmérséklet -35 °C és + 150 °C közé eshet.

A széles mérési tartományban a műszer hat különböző anyagú golyóval működik. Az egyik golyó üvegből, a többi speciális fémötvözetből készül.

A készülék tengelyét mérés előtt a függőlegestől pontosan előirt szögbe állítják be, az ejtőcsövet megtöltik a vizsgálandó folyadékkal. Az üveghengerbe betöltött hőtároló folyadék (általában víz) hőmérsékletét egy ultratermosztát segítségével 0,01 °C pontosan az előirt hőmérsékleten tartják, és mérik az excentrikusan eső golyónak a mérőhossz menti esési idejét.

A készülék a lábban elhelyezett tengely körül 180°-kal elfordítható. Ekkor a golyó az „a" jelű záródugó perselyébe kerül. Minden oda-vissza fogatással egy-egy ismételt mérés végezhető. (*Weiss*, 1976)

A *Höppler*-féle viszkoziméter az ejtőtestes viszkoziméterek csoportjába tartozik. Ezeknél a viszkozimétereknél a viszkozitás egy szabályos alakú (a *Höppler*-féle viszkoziméter esetén gömb alakú) és méretű testnek a jellemezni kívánt folyadékban mért esési idejével arányos.

Ha a ρ sűrűségű, *r* sugarú, gömb alakú test *g* nehézségi gyorsulás mellett állandó *v* sebességgel (ℓ úthosszon, *t* idő alatt) merül a ρ' sűrűségű folyadékba, akkor a „végtelen kiterjedésű" folyadék dinamikai viszkozitása:

$$\eta_{\text{végtelen}} = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho - \rho') \cdot g \cdot r^2}{v} = \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho - \rho') \cdot g \cdot r^2}{\ell} \cdot t$$

A „végtelen kiterjedésű" folyadék $\eta_{\text{végtelen}}$ viszkozitását a *d* golyó átmérőtől és *D* cső átmérőtől függő α tényezővel korrigálják a „véges kiterjedésű" folyadék $\eta_{\text{véges}}$ viszkozitására, ahol a *k* műszer állandó:

$$\eta_{\text{véges}} = \alpha \cdot \frac{2}{9} \cdot \frac{(\rho - \rho') \cdot g \cdot r^2}{\ell} \cdot t = k \cdot t \quad [\text{cP}]$$

Marsh-tölcsér injektáló habarcsok kifolyási idejének mérésére

Szabványos eljárás:

MSZ EN 445:2008 „Injektálóhabarcs feszítőkábelekhez. Vizsgálati módszerek”

DIN V 4126-100:1996 „Schlitzwände” → Résfalak

Irodalom például: *Iken* et al.: Handbuch der Betonprüfung. Verlag Bau+Technik. Düsseldorf, 2012.



***Vigyázat:* Van olyan – szintén *Marsh*-tölcsérnek (Marsh-Tichter) nevezett, szintén az injektáló habarcsok kifolyási idejének mérésére való – eszköz is, amelynek Ø8 mm, Ø9 mm, Ø10 mm átmérőjű, cserélhető kifolyónyílása van.**

Az MSZ EN 455:2008 szabvány szerinti eszköz kifolyónyílása: Ø10 ± 0,1 mm.

150
Sieb
Marshtrichter
(Füllinhalt 1500 cm³)
300
50
φi = 4.76 mm
1.000 cm³
Meßbecher

Vizsgálati módszer (Ø4,76 mm kifolyónyílású *Marsh*-tölcsér esetén):

- Meg kell mérni a habarcs és a laboratóriumi levegő hőmérsékletét.
- A mérést közvetlenül a habarcs megkeverése után végezzük, majd még kétszer megismételjük. Az eredmény a három kifolyási idő átlaga.
- A *Marsh*-tölcsért nedves ruhával ki kell törülni, és állványra kell helyezni. A tölcsér alá kell helyezni az 1000 cm^3 térfogatú mérőhengert vagy mérőedényt.
- A *Marsh*-tölcsérbe a szitán keresztül, lassan – légbuborék képződés elkerülésével – mintegy 1500 cm^3 habarcsot kell tölteni, miközben a kifolyónyílást az ember az ujjával befogja.
- A kifolyónyílást szabaddá kell tenni és egyidejűleg el kell indítani a stopper órát.
- Amikor a kifolyó habarcs a mérőhenger 1000 cm^3-es szintjét eléri, a stopper órát meg kell állítani. A kifolyási időt fel kell jegyezni.
- A méréseket megtisztított tölcsérrel célszerű például fél óra múlva megismételni.

A Ø4,76 mm kifolyónyílású műanyag tölcsérbe legalább ¼ gallon (1136,5 cm^3) habarcsot lehet tölteni. Ehhez a műanyag tölcsérhez tartozik egy mérőedény, amelybe a jelig 946 cm^3 habarcs fér.



A Ø4,76 mm kifolyónyílású műanyag tölcsért úgy kalibrálták, hogy abból az ¼ gallon = 946 cm^3 térfogatú, (21±3) °C hőmérsékletű tiszta víz (26±0,5) s alatt folyik ki.

A víz kifolyási ideje,
ha Ø8 mm, akkor t = (9,2±0,5) s,
ha Ø10 mm, akkor t = 6,0±0,5) s.

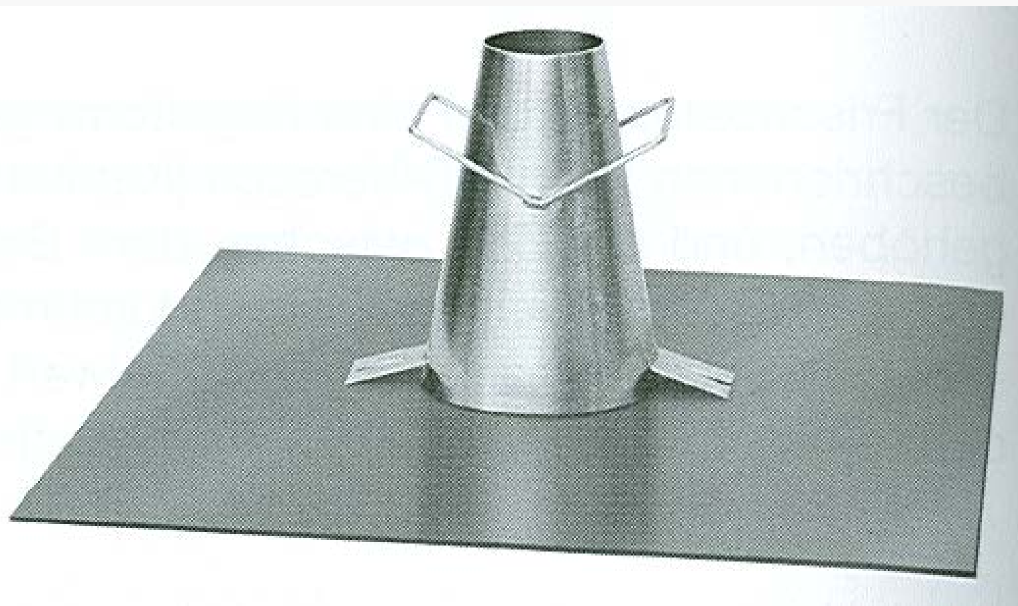
ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON KONZISZTENCIÁJA

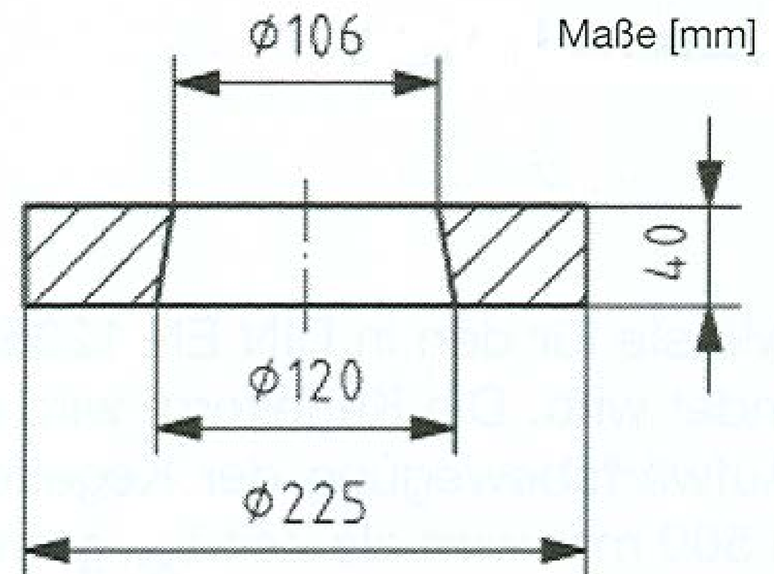
Az önthető beton különleges fajtája az *önterülő és öntömörödő beton*, amely az önterülő képességet nem a nagy vízadagolásnak, hanem a különleges összetételnek – megfelelő finomszem:víz térfogatarány (mintegy 1,1:1,4 közötti, kísérletileg meghatározandó érték), mintegy 200-420 kg/m^3 finomrész-tartalom (például mészkőliszt, pernye), megfelelő cementtartalom (250-400 kg/m^3), a 0,125-4,0 mm közötti homokszemek megfelelő térfogataránya a habarcsban (mintegy 40 térfogat%), a 4 mm feletti kavicsszemek megfelelő hézagtérfogata (mintegy 50 térfogat%), mintegy 1,5-2,0 térfogat% levegő-tartalom, megfelelő (előnyösen polikarboxilat-éter alapú) folyósító adalékszer tartalom – köszönheti, miáltal jórészt mentes a hagyományos önthető beton egyébként hátrányos tulajdonságaitól.

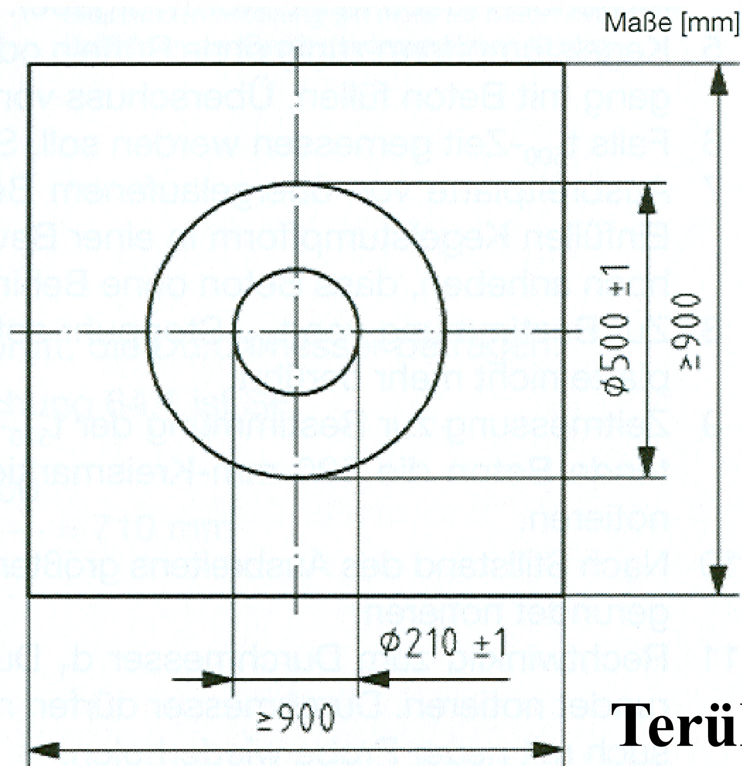
Öntömörödő beton roskadási terülésének és t_{500} terülési idejének meghatározása az MSZ EN 12350-8:2010 szabvány szerint

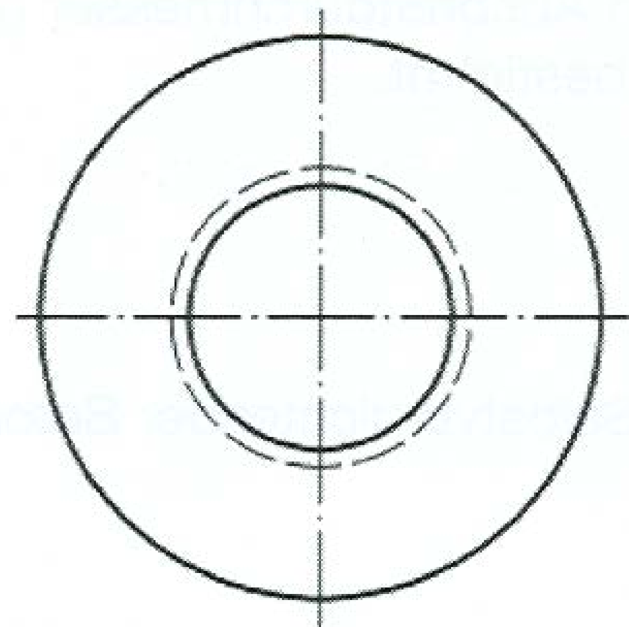
A vizsgálat eszköze az MSZ EN 12350-2:2000 szerinti, nedves ruhával kitörült, tiszta *Abrams*-féle Ø200/Ø100·300 mm méretű roskadás mérő kúp és a 900·900 mm méretű terülés mérő asztal, amelynek közepére (210 ± 1) mm és (500 ± 1) mm átmérőjű, legfeljebb 2,0 mm széles és 1,0 mm mély köröket kell karcolni.

***A roskadás mérő kúpot nagyobb nyílásával lefelé*, a nyugalomban lévő, gondosan vízszintesre beállított terülés mérő asztalra, a 210 mm átmérőjű kör közepére kell helyezni. A kúp folyamatos megtöltése után legfeljebb 30 s múlva, a beton érintése nélkül, a kúpot 1-3 s alatt függőlegesen fel kell emelni. Abban a pillanatban, amikor a kúp a terülő asztalról elemelkedik, meg kell indítani a stopper órát, és 0,1 s pontossággal meg kell mérni az időtartamot, amely eltelik, amíg a szétterülő öntömörödő betonlepény először el nem éri az asztalra karcolt 500 mm átmérőjű kört (t_{500}). Miután a betonlepény nyugalomba került, meg kell mérni a lepény legnagyobb és az arra merőleges átmérőjét, 10 mm-re felkerekítve. Azt is meg kell figyelni, hogy az öntömörödő beton nem osztályozódott-e szét.**









Terülés mérő asztal **Feltét a kúpra**

Roskadási terülés az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint		
Osztály jele	Roskadási terülési mérték határértéke [mm]	Vizsgálati szabvány
SF1	500-650	MSZ EN 12350-8:2010
SF2	660-750	
SF3	760-850	

Terülési idő (az 500 mm-es terülési átmérő eléréséhez szükséges idő roskadási terülés mérés során) az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint		
Osztály jele	t_{500} terülési idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VS1	< 2,0	MSZ EN 12350-8:2010
VS2	≥ 2,0	

Megjegyzés:

a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a roskadási terülés, illetve a terülési idő tervezett értékével

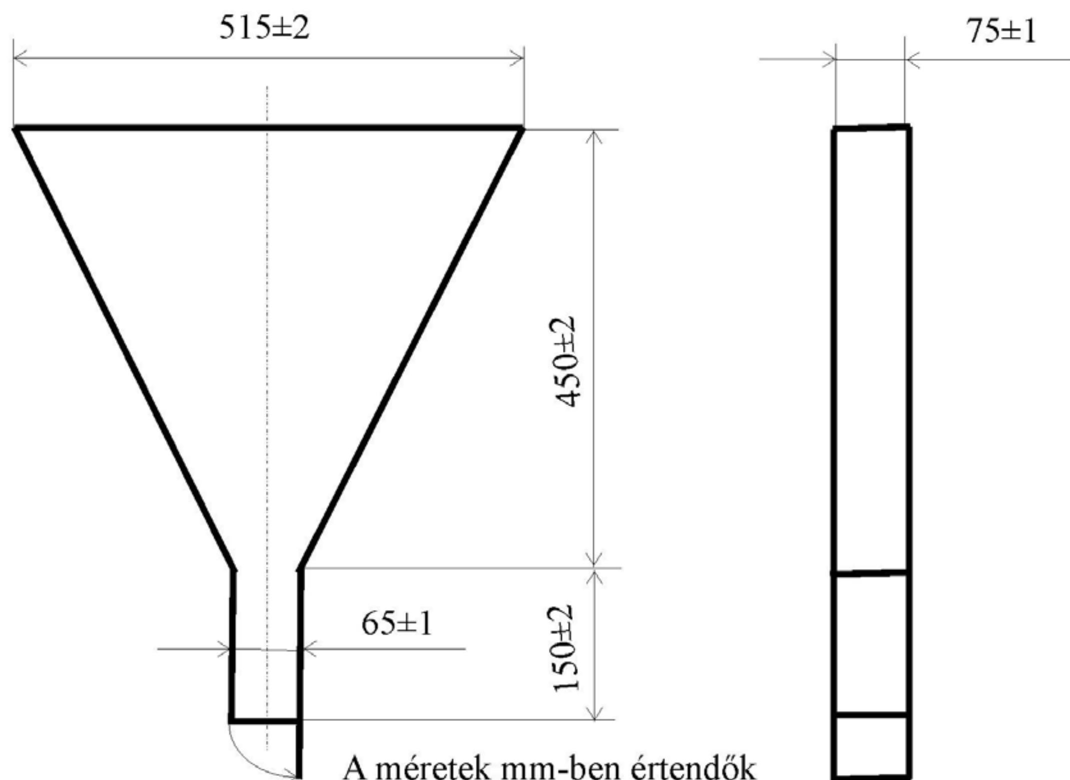
b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: $D_{max} \leq 40$ mm

Öntömörödő beton tölcséres kifolyási idejének meghatározása az MSZ EN 12350-9:2010 szabvány szerint Nevezik V-tölcséres kifolyási vizsgálatnak is

A mérés eszköze a trapéz oldalnézetű, (75±1) mm belső szélességű, (515±2) mm felső, (65±1) mm alsó nyílású, (450±2) mm magas, (150±2) mm hosszú kifolyó toldattal ellátott „síktölcsér”. A kifolyó toldat alján jól záró, könnyen elfordítható zárszerkezet található.

Az öntömörödő beton minta térfogata legalább 12 liter. A bezárt zárszerkezetű, tiszta, benedvesített, de nem vizes tölcsért lazán meg kell tölteni öntömörödő betonnal. A tölcsérbe töltött öntömörödő betont tömöríteni nem szabad. (10 ± 2) s várakozás után gyors mozdulattal ki kell nyitni a tölcsér alján a zárat, meg kell indítani a stopper órát, és meg kell mérni az öntömörödő beton minta t_v kifolyási idejét, a következő 0,5 s-ra kerekítve. Az öntömörödő beton a tölcsérből folyamatosan kell kifolyjon, ha a folyás elakad, akkor a vizsgálatot új mintával meg kell ismételni.

Célszerű az öntömörödő beton hőmérsékletét a vizsgálat időpontjában megmérni és feljegyezni.





Tölcséres kifolyási idő az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint

Osztály jele	t_v tölcséres kifolyási idő mértékének határértéke [s]	Vizsgálati szabvány
VF1	< 9,0	MSZ EN 12350-9:2010
VF2	9,0 – 25,0	

Megjegyzés: a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a kifolyásisi idő tervezett értékével; b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: D_{max} ≤ 22,4 mm (Magyarországon 24 mm)

Öntömörödő beton L-szekrényes kifolyásának vizsgálata az MSZ EN 12350-10:2010 szabvány szerint Nevezik L-dobozos vizsgálatnak is

A vizsgálatnak *két változata szabványos*, az egyik esetben két, a másik esetben három acélpálcát kell elhelyezni az L-szekrény vízszintes szárába (ez egy fedetlen vályú), a felső sarokponttól (70 ± 2) mm távolságra. A három acélpálcát a sűrűbben vasalt vasbetonok esetén kell alkalmazni.

Az acélpálcák felülete sima, átmérője 14 mm.

A vizsgálat előtt a tiszta és benedvesített, de nem vizes L-szekrényt gondosan vízszintesre kell állítani, a kifolyónyílást a zárószerkezettel be kell zárni.

A vizsgálat során az L-szekrény (200 ± 2)·(100 ± 2) mm keresztmetszetű és (600 ± 2) mm magas függőleges szárát tömörítés nélkül meg kell tölteni öntömörödő betonnal, és a beton felszínét le kell húzni. A vizsgálati adag térfogata legalább 14 liter.

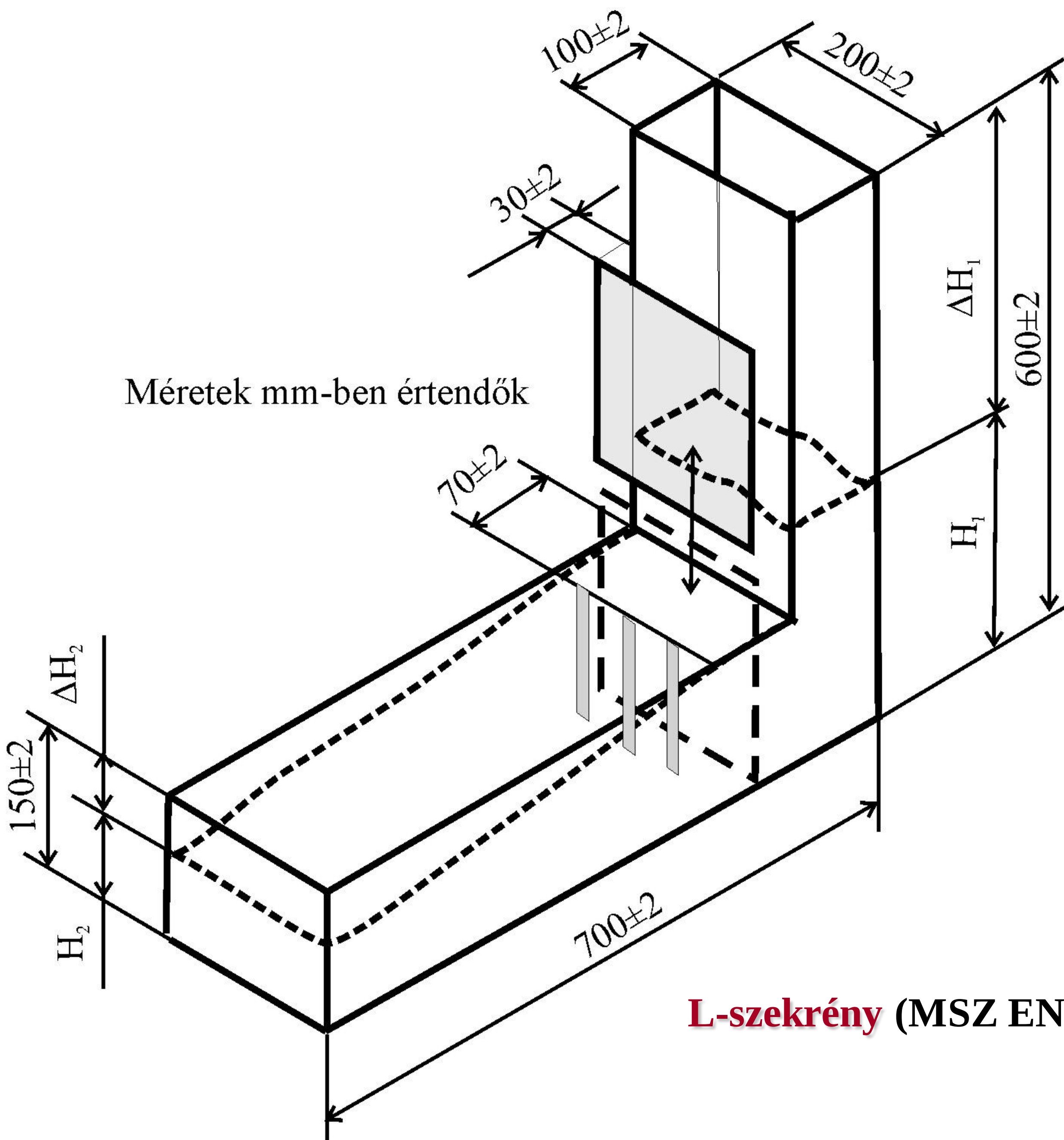
Az öntömörödő beton L-szekrénybe töltése után (60 ± 10) másodpercet kell várni, majd a (200 ± 2) mm széles és (600 ± 2) mm hosszú (a függőleges szár alatti résszel együtt 700 mm hosszú), (150 ± 2) mm magas vízszintes szárban (vályúban), a felső sarokponttól (30 ± 2) mm távolságra lévő, 150 mm magas zárószerkezetet fel kell húzni. Az öntömörödő beton a zárószerkezet eltávolítása után a hidrosztatikus nyomás hatására, az acélpálcákból álló fékező rácson keresztül, a vízszintes szárba folyik.

Ezután meg kell mérni a függőleges szárban az öntömörödő beton ΔH_{1i} magasságcsökkenését, a vízszintes szár végén pedig az öntömörödő beton feletti ΔH_{2i} magasságot, a következő 1 mm-re kerekítve, három-három helyen. Ezek átlaga adja a ΔH_1 és a ΔH_2 mérési eredményt.
A vizsgálati eredményt, azaz az L-szekrényes átfolyási képességet a 0,01 pontossággal kiszámított következő hányados adja:

$$PL = \frac{H_2}{H_1} = \frac{150 - \Delta H_2}{600 - \Delta H_1}$$

A vizsgálat során meg kell figyelni, hogy a vízszintes vályúban lévő beton nem osztályozódott-e szét.

L-szekrényes átfolyási képesség az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint		
Osztály jele	L-szekrényes átfolyási képesség arányszámának határértéke [-]	Vizsgálati szabvány
PL1	≥ 0,8 két fékező acélrúd alkalmazásával	MSZ EN 12350-10:2010
PL2	≥ 0,8 három fékező acélrúd alkalmazásával	
Megjegyzés: Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet az L-szekrényes átfolyási képesség arányszámának legkisebb értékével		



L-szekrény (MSZ EN 12350-10:2010)

Öntömörödő beton fékező gyűrűs terülésének vizsgálata az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint Nevezik blokkoló gyűrűs vizsgálatnak is.

A fékező gyűrűs vizsgálat a beton azon beépítési körülményeit modellezi, amelynek során a szétterülő öntömörödő beton szétosztályozódás és „árnyék hatás" nélkül akadályokat kell, hogy legyőzzön, mint például az acélszerelést (vasszerelést) a vasbetonban. A fékező gyűrűs terülés vizsgálat az L-szekrényes kifolyás vizsgálat alternatívája.

A fékező gyűrűs terülés vizsgálat eszköze – a roskadási terülés vizsgálathoz hasonlóan – az MSZ EN 12350-2:2000 szerinti, nedves ruhával kitörült, tiszta *Abrams*-féle Ø200/Ø100·300 mm méretű roskadás mérő kúp, amelynek láblemezeit el szabad távolítani; a fékező gyűrű, amely voltaképpen egy kör alakú fésű, lefele álló sima acél fogakkal, átmérője (300 ± 2) mm, a fogak (acél pálcák) száma 12 vagy 16, a fogak átmérője (18 ± 0,5) mm, magasságuk 125 mm. Ha a fogak száma 12 darab, akkor a fogak közötti hézag (59 ± 1) mm, ha 16 darab, akkor a fogak közötti hézag (41 ± 1) mm.

További eszköz a legalább 900·900 mm élhosszúságú, tiszta, rozsdamentes, nedves ruhával nedvesített, de nem vizes, vízszintes helyzetű (az élek esése nem szabad, hogy 3 mm-nél több legyen) terülés mérő asztal. A terülés mérő asztal felületének közepére (210 ± 1) mm és (500 ± 1) mm átmérőjű, legfeljebb 2,0 mm széles és 1,0 mm mély köröket kell karcolni.

A vizsgálat során az *Abrams*-féle roskadás mérő kúpot *álló helyzetben*, *nagyobb nyílásával lefelé*, a nyugalomban lévő (rezgés stb. mentes) terülés mérő asztalra, a 210 mm átmérőjű kör közepére kell helyezni, és úgy kell lazán, tömörítés nélkül öntömörödő betonnal megtölteni, hogy a terülés mérő asztalra beton ne kerüljön. Ennek érdekében – a roskadási terülés méréshez hasonlóan – célszerű a kúpra peremes feltétet helyezni. A kúp folyamatos megtöltése után legfeljebb 30 s múlva, a beton érintése nélkül, a kúpot 1-3 s alatt függőlegesen fel kell emelni. A szétterülő beton átfolyik a fékező gyűrűn.

Amikor a kúp a terülő asztalról elemelkedik, meg kell indítani a stopper órát, és 0,1 s pontossággal meg kell mérni az időtartamot, amely eltelik, amíg a szétterülő öntömörödő betonlepény először el nem éri a terülés mérő asztalra karcolt 500 mm átmérőjű kört (t_{500J}). A fékező gyűrűs kifolyási időt (t_{500J}) 0,5 s pontosan kell megadni.

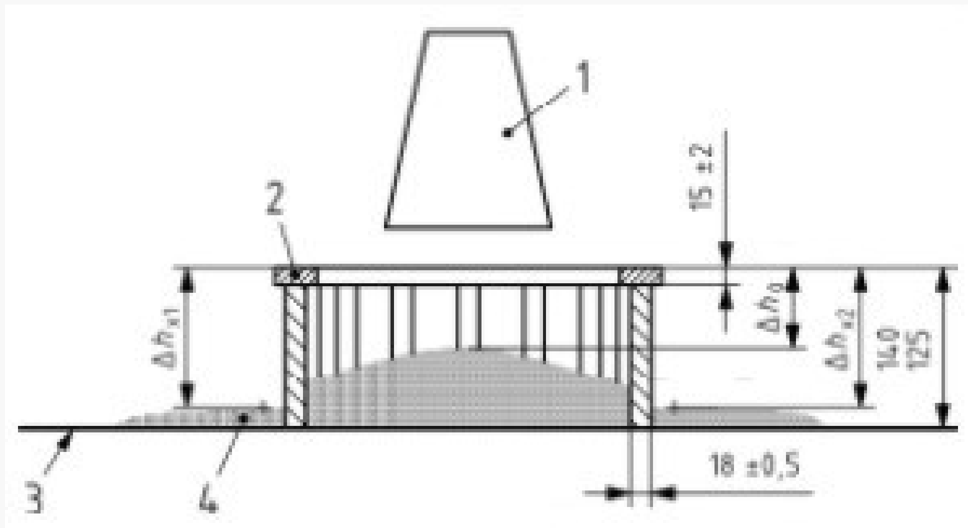
Miután a betonlepény nyugalomba került, meg kell mérni a lepény legnagyobb és az arra merőleges átmérőjét, 10 mm-re felkerekítve (d_1, d_2).
A *fékező gyűrűs terülési mértéket* a szétterült öntömörödő betonlepény két, egymásra merőleges átmérőjének átlaga adja mm-ben, 1,0 mm pontosan kifejezve:

$$SF_J = \frac{(d_1 + d_2)}{2}$$

Ha a *fékező gyűrű nélküli roskadási terülés* mértéke (*SF*) és a *fékező gyűrűs terülés* mértéke (*SF*$_J$) közötti eltérés kisebb, mint 50 mm, akkor az öntömörödő beton nem hajlamos a blokkolódásra.

A vizsgálat során meg kell figyelni, hogy a szétterült öntömörödő beton nem osztályozódott-e szét és a fékező gyűrűnél „árnyék hatás" nem jelentkezett-e, és fel kell jegyezni a beton hőmérsékletét is.

Ezt követően a fékező gyűrűre pálcát fektetve meg kell mérni 1,0 mm pontossággal a pálca és a szétterült betonlepény közötti *magasság különbséget* a fékező gyűrűn belül középen (Δh_0) és kívül, egymásra merőleges két-két helyen (Δh_{x1}, Δh_{x2}, Δh_{y1}, Δh_{y2}), ahogy az a következő ábrán látható.



Fékező gyűrűs átfolyási képesség (*PJ*) meghatározása

1. *Abrams*-féle kúp
2. Fékező gyűrű
3. Terülés mérő asztal
4. Öntömörödő beton

A *fékező gyűrűs átfolyási képesség* (*PJ*), vagy nevezhetjük fékező gyűrűs magasság különbségnek is, a szétterülő betonlepény belső és külső magasságának különbsége mm-ben, 1,0 mm pontosan kifejezve:

$$PJ = \frac{(\Delta h_{x1} + \Delta h_{x2} + \Delta h_{y1} + \Delta h_{y2})}{4} - \Delta h_0$$

A szabványos (MSZ EN 206:2014) öntömörödő beton (*PJ*) fékező gyűrűs átfolyási képessége (fékező gyűrűs magasság különbsége) az MSZ EN 12350-12:2010 szabvány szerint vizsgálva mind 12 fékező pálca (PJ_1), mind 16 fékező pálca (PJ_2) esetén legfeljebb 10 mm.



Fékező gyűrűs átfolyási képesség az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint		
Osztály jele	**Betonlepény belső és külső magassága különbségének határértéke [mm]**	**Vizsgálati szabvány**
PJ1	**≤ 10 tizenkét fékező acélrúd alkalmazásával**	**MSZ EN 12350-12:2010**
PJ2	**≤ 10 tizenhat fékező acélrúd alkalmazásával**	

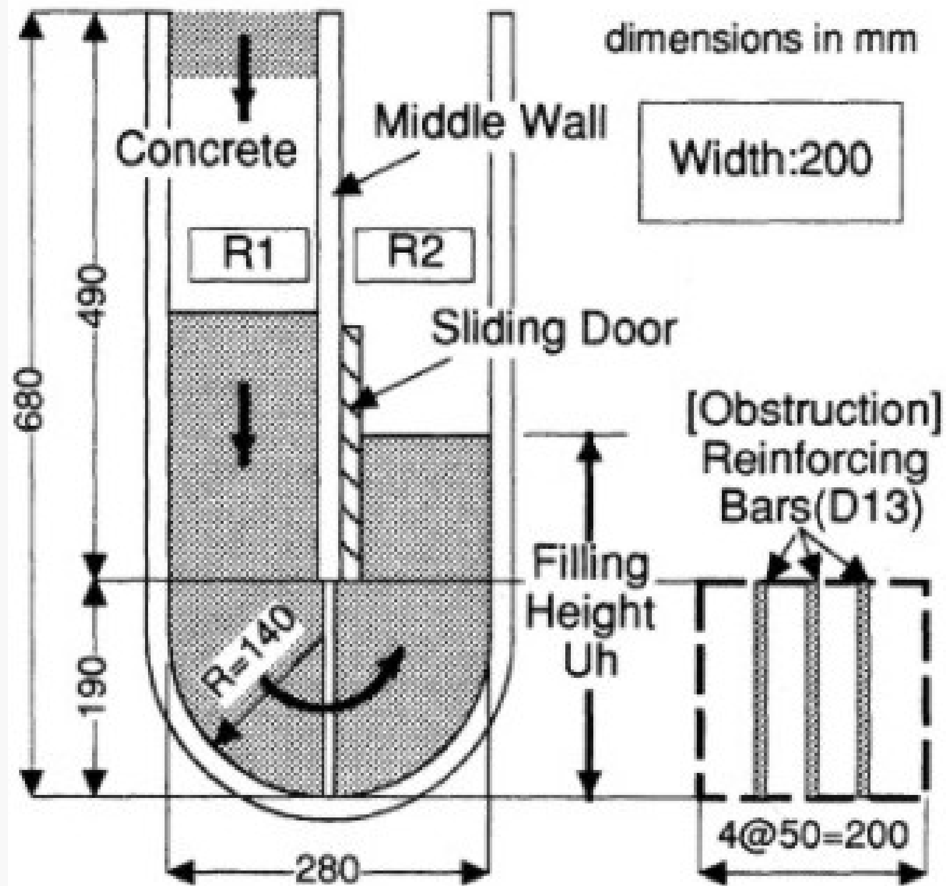
Megjegyzés:
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a betonlepény belső és külső magassága különbségének legnagyobb tervezett értékével
b) Az adalékanyag megengedett legnagyobb szemnagysága: D_{max} ≤ 40 mm

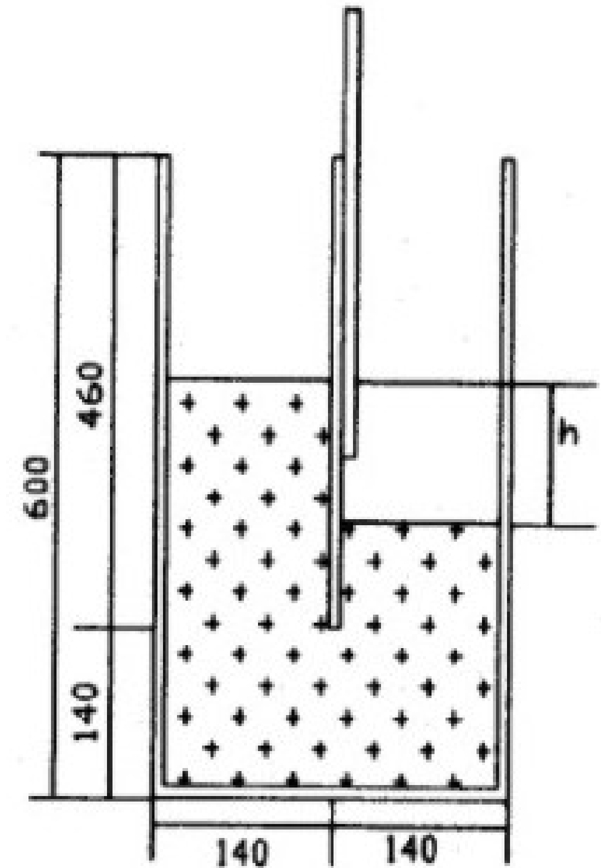
Öntömörödő beton vizsgálata fékező rácsos U-alakú edényekben
A vizsgálatot az európai szabványrendszerben nem szabványosították

A vizsgálathoz általában kétféle alakú edényt használnak. Az edény alul egymással közlekedő két szárának keresztmetszete lehet 140 mm átmérőjű kör, vagy lehet 140 mm élhosszúságú négyzet. A *cső alakú edény* alul íves, a négyzet alakú szögletes. A cső alakú edény két szára alul 190 mm hosszban, a négyzet alakú edény 140 mm hosszban egy retesz felhúzásával összenyitható. A nyílásba három, 13 mm átmérőjű acélpálcából álló fékező rács van elhelyezve.

A cső alakú edény egyik szárát 680 mm magasságig, a négyzet alakú edényét 600 mm magasságig meg kell tölteni öntömörödő betonnal, majd a reteszt fel kell húzni, miáltal a beton a fékező rácson keresztül átfolyik az edény másik szárába. Követelmény, hogy a cső alakú edény szárában az átfolyt beton legalább 300 mm magasra emelkedjék, míg a négyzet alakú edény esetén az edény két szárában lévő beton szintkülönbségét kell megmérni.

Öntömörödő beton fékező rácsos vizsgálata U-alakú edényekben





Öntömörödő beton ülepedési (szétosztályozódási) hajlamának vizsgálata szitán az MSZ EN 12350-11:2010 szabvány szerint

A vizsgálat eszközei: a legalább 200 mm belső átmérőjű, (11 ± 0,5) liter térfogatú, vizet nem szívó anyagból készült, fedővel rendelkező kiöntő edény, amelynek belső falát a 10 liter térfogatnak megfelelő magassági jellel kell ellátni; 5 mm lyukbőségű, négyzetes szita, amelynek átmérője legalább 300 mm és keretének magassága legalább 30 mm; a szita alá helyezhető szita-tartó keret, amely megkönnyíti a szita mozgatását; a legalább 10 kg tömegű öntömörödő beton befogadására és tömegének 0,01 kg pontosságú meghatározására alkalmas felfogó edény, amelyre a szita-tartó keret ráhelyezhető.

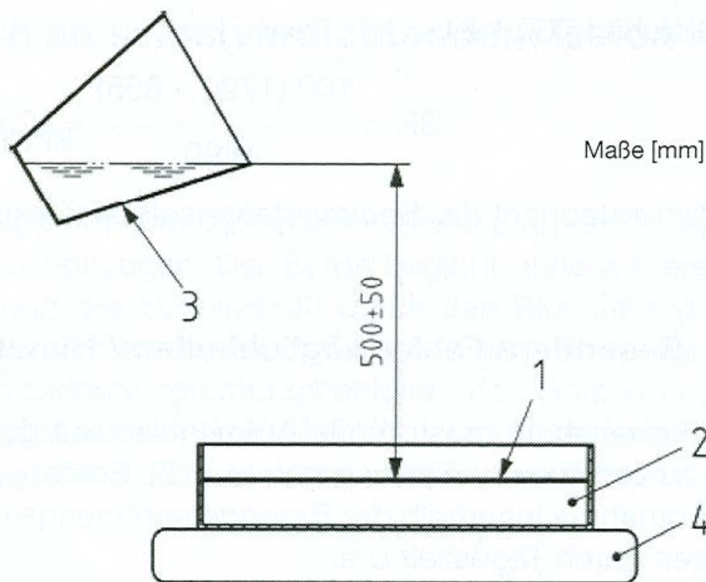
A vizsgálat során az 1,0 ºC pontosan megmért hőmérsékletű friss öntömörödő betonból (10 ± 0,5) litert a 11 literes kiöntő edénybe kell tölteni, és a párolgást megakadályozó fedővel be kell fedni. A kiöntő edénybe töltött betont vízszintes helyzetben, nyugalmi állapotban (15 ± 0,5) percen át pihentetni kell. A várakozási idő után a fedőt le kell emelni, meg kell vizsgálni és fel kell jegyezni, hogy az öntömörödő beton felületén víz kivált-e. Le kell mérni a felfogó edény tömegét (m_p) 1,0 g pontossággal.

Le kell mérni a felfogó edény tömegét (m_p) 1,0 g pontossággal. A szita-tartó keretet a ráhelyezett szitával együtt rá kell helyezni a felfogó edényre, és a mérlegre kell tenni,. A pihentetési idő leteltével a kiöntő edényben lévő beton felső szintjét a szitasík felett (500 ± 50) mm magasan tartva, a kiöntő edényből (4,8 ± 0,2) kg betont – az esetlegesen kivált vízzel együtt – megszakítás nélkül, folyamatosan a szita közepére kell önteni.

A kiöntő edényből a szitára öntött beton tömegét (m_c) 1,0 gramm pontosan meg kell határozni. A betont (120 ± 5) másodpercen át a szitán kell hagyni, majd a szitát a szita-tartó kerettel együtt függőlegesen fel kell emelni a felfogó edényről. A felfogó edényt a szitán átfolyt anyaggal együtt (m_{ps}) 1,0 gramm pontosan meg kell mérni.

A vizsgálati eredmény a szitán átfolyt öntömörödő beton tömeg%-a (*SR*), 1,0 tömeg% pontossággal:

$$SR = \frac{(m_{ps} - m_p) \cdot 100}{m_c}$$



1. **Szita**
2. **Felfogó edény**
3. **Kiöntő edény**
4. **Mérleg**

Ülepedési (szétosztályozódási) hajlam vizsgálata szitán az MSZ 206:2014 szabvány szerint		
Osztály jele	**Szitán átfolyt anyag mennyiségének határértéke [tömeg%]**	**Vizsgálati szabvány**
SR1	**≤ 20**	**MSZ EN 12350-11:2010**
SR2	**≤ 15**	
a) Az osztályt a határértékek helyett jellemezni lehet a szitán fennmaradt anyag tömeg%-ban kifejezett mennyiségének legnagyobb értékével b) A szétosztályozódási osztály szálerősítésű vagy könnyű adalékanyagos beton esetén nem érvényes		

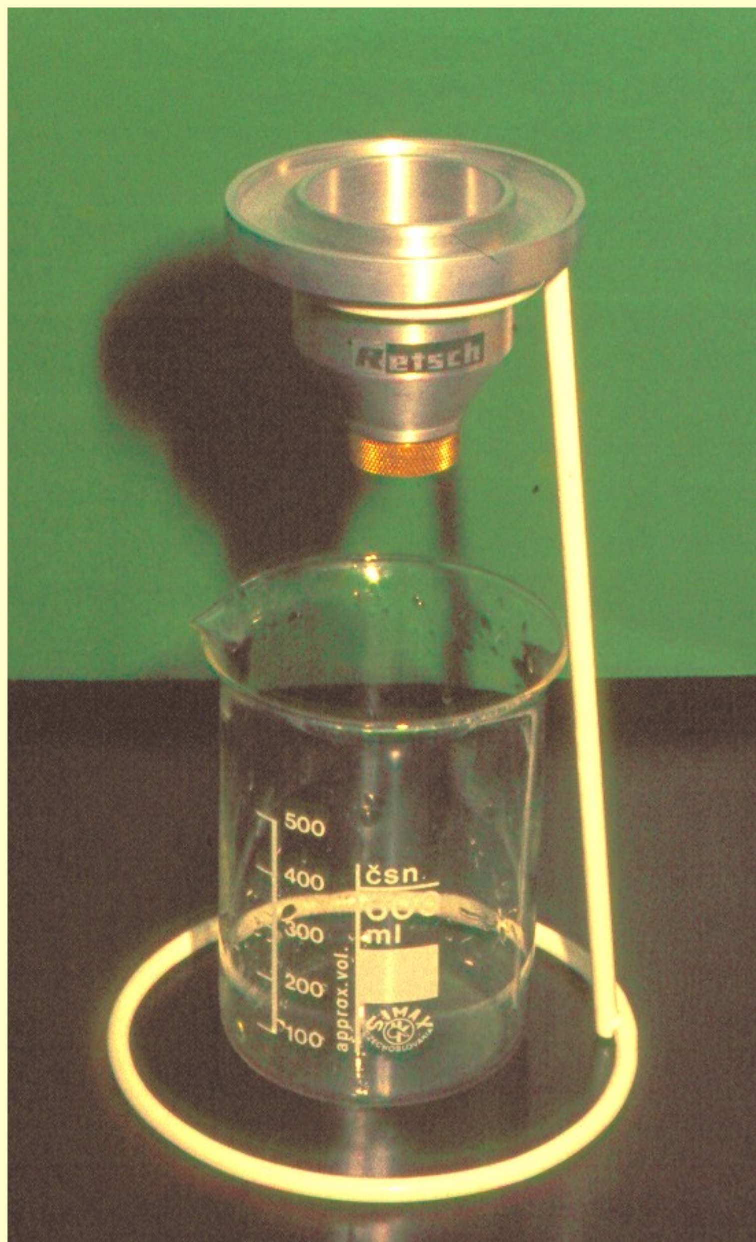
Emlékeztetőül néhány fénykép egyéb viszkoziméterekről, penetrométerekről és a betonkonzisztencia méréséről

2009/9/28 13:14



BART-féle
(Britisch Association Rood Tar)
kátrány viszkoziméter

MSZ 3278:1953



Folyadék kifolyás mérő edény cserélhető nyílás-átmérővel, például festékek hígításának, illetve sűrűségének mérésére

http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/festek-kifolyas.pdf



Tölcsérek adalékanyag-halmazok kifolyási idejének meghatározására szemalak vizsgálathoz

MSZ EN 933-6:2001

MSZ 18288-3:1978

http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/tolcseres-kifolyas.pdf

Rugós, rotációs plaszticiméter beton-konzisztencia mérésre



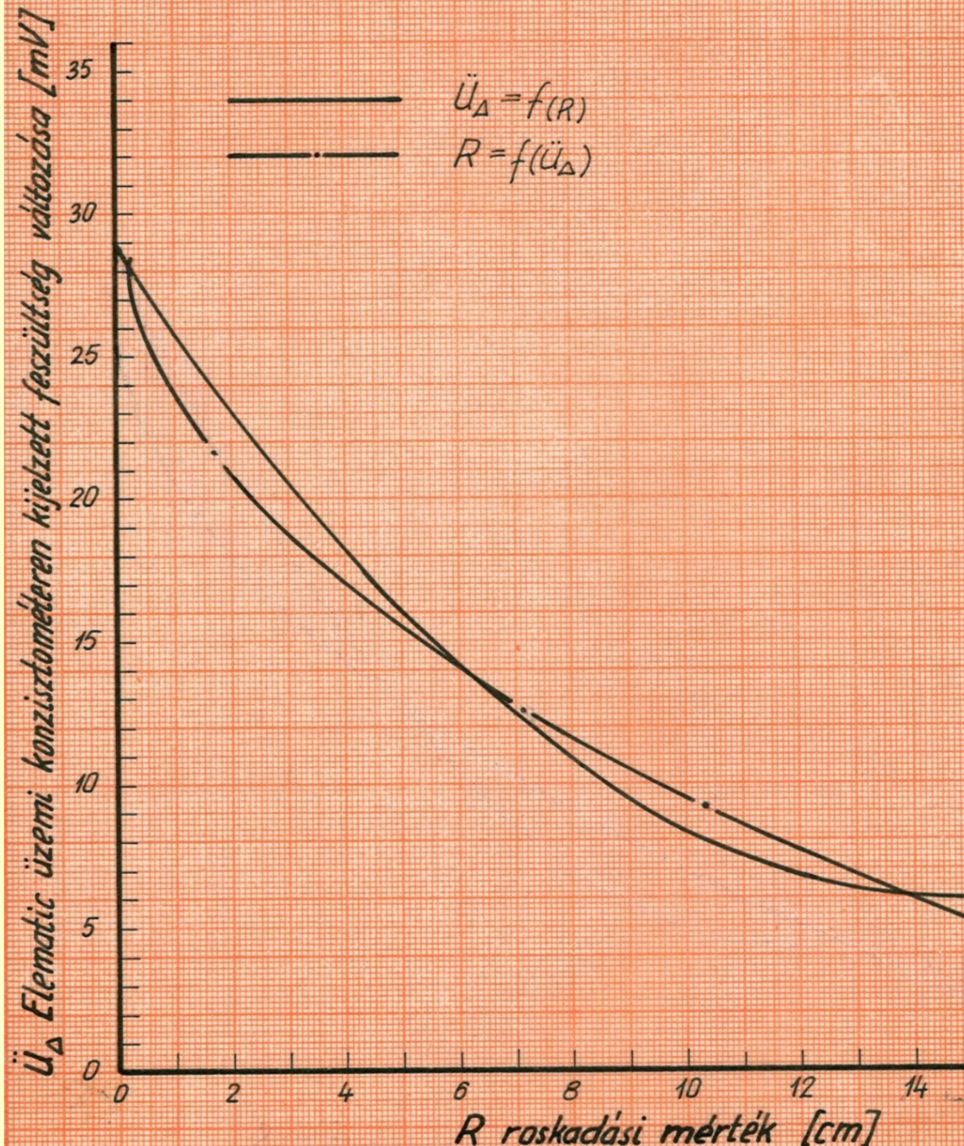
Konzisztenciamérés betonkeverőgépben

KAUSAY TIBOR – SZIRMAI ANDRÁS
Szilikátipari Központi Kutató és Tervező Intézet

Építőanyag. 31. évfolyam. 1979. 5. szám. pp. 170-178.

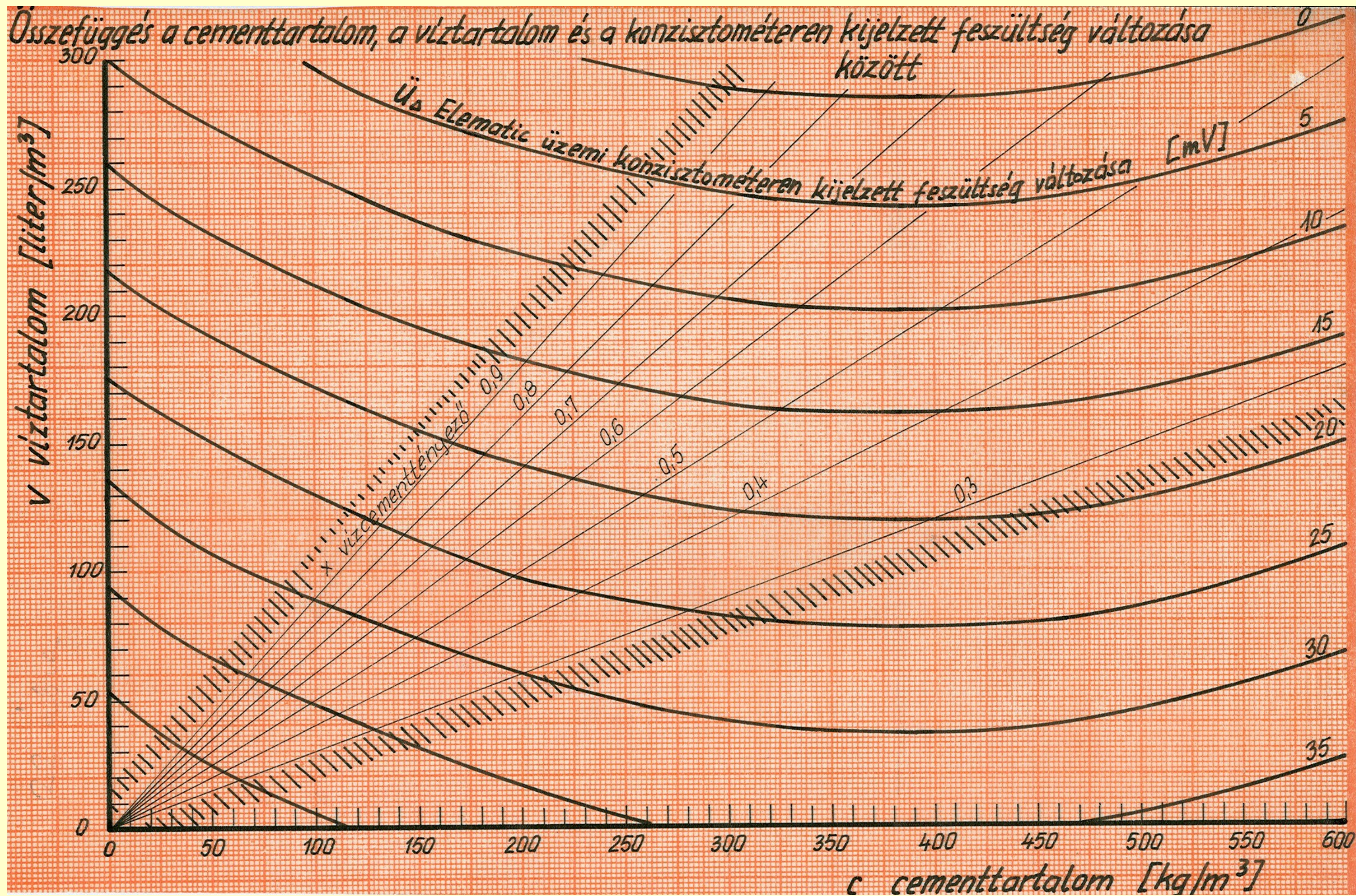
A technológiai konzisztencia mérés a laboratóriumi vagy gyári betonkeverőgép villamos teljesítmény-felvételének mérésén alapul.

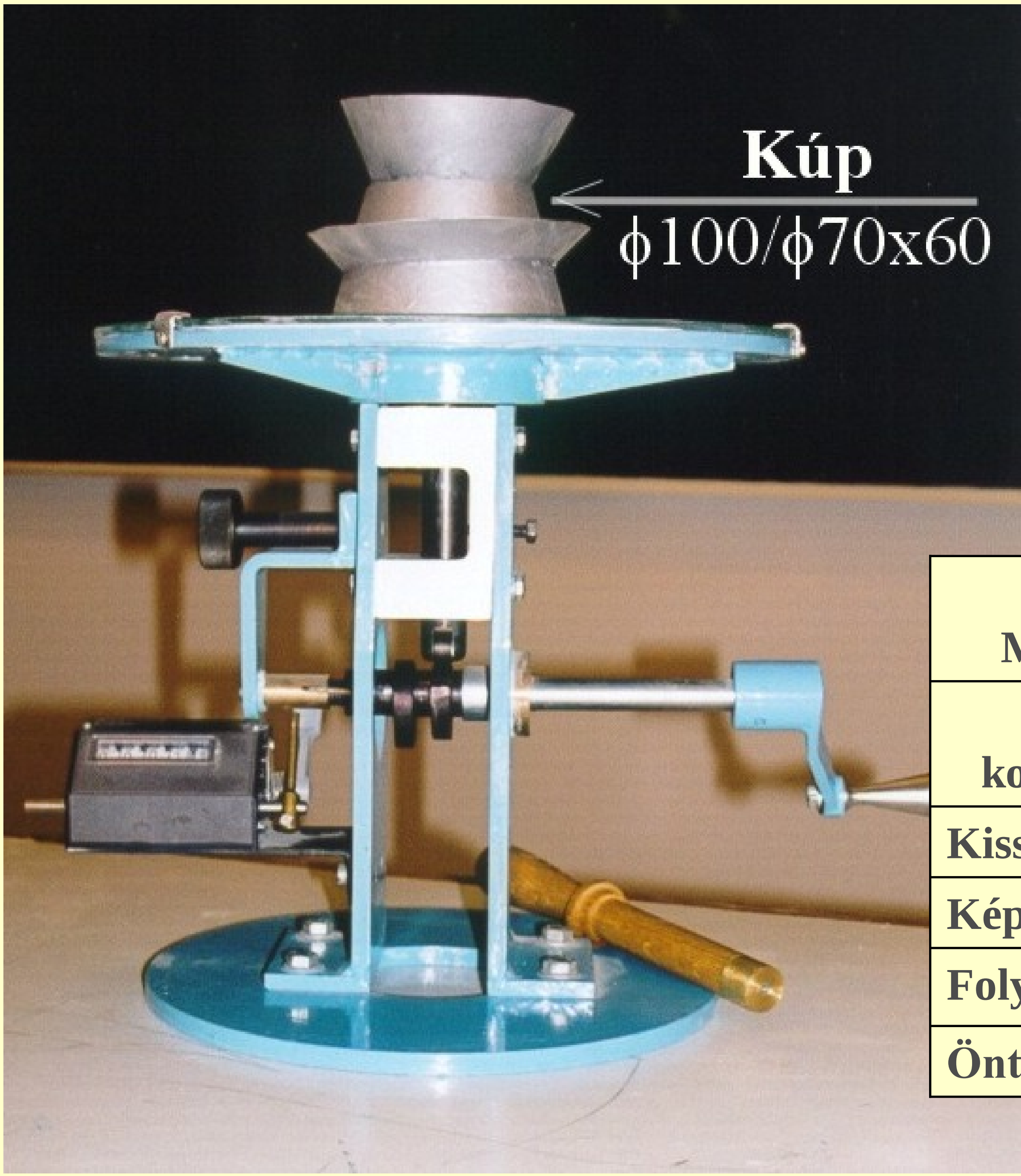
A módszer gyors, eléggé megbízható, gyári konzisztencia javítást, sőt automatizálható beavatkozást tesz lehetővé.



A betonkeverőgépeket hajtó háromfázisú villamos motor teljesítményét teljesítmény-távadóval mérik. A távadóról a teljesítménnyel arányos egyenáramú feszültség jel vehető le.

A „konzisztométer”-en kijelzett feszültség változása összefüggésben áll a beton konzisztenciájával (lásd a bal oldali diagramot), de a víz-cement tényezővel, a víztartalommal és a cementtartalommal is kifejezhető (lásd a következő oldalon lévő diagramot).


Összefüggés a cementtartalom, a víztartalom és a konzisztométeren kijelzett feszültség változása között
Ü.Elematic üzemi konzisztométeren kijelzett feszültség változása [mV]
V víztartalom [liter/m³]
c cementtartalom [kg/m³]
x víz-cementtényező
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0
5
10
15
20
25
30
35
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450
500
550
600



Haegermann-féle ejtőasztal habarcsok konzisztenciájának vizsgálatára

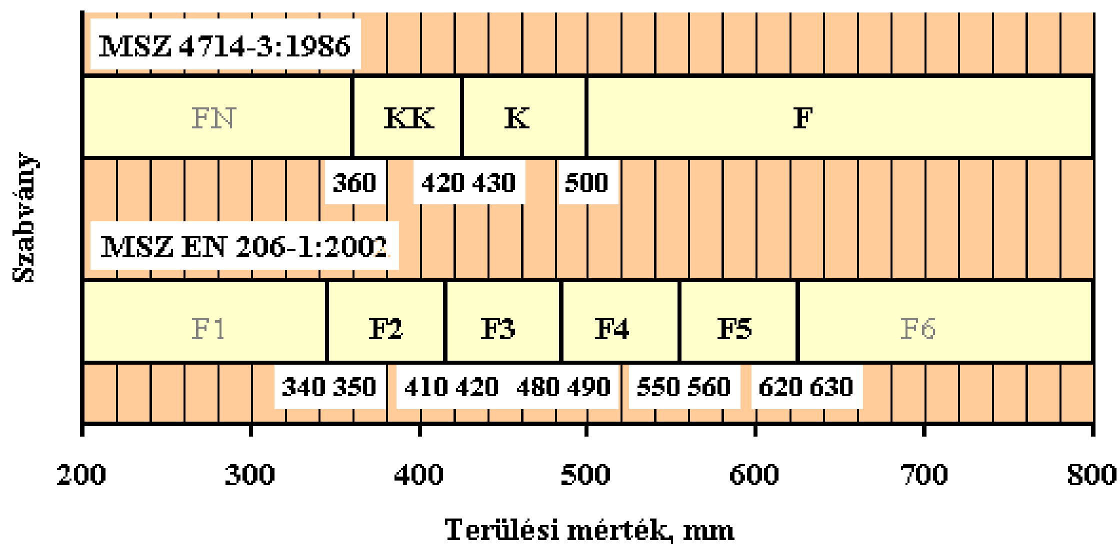
MSZ EN 1015-3:2000

MSZ 16000-3:1990

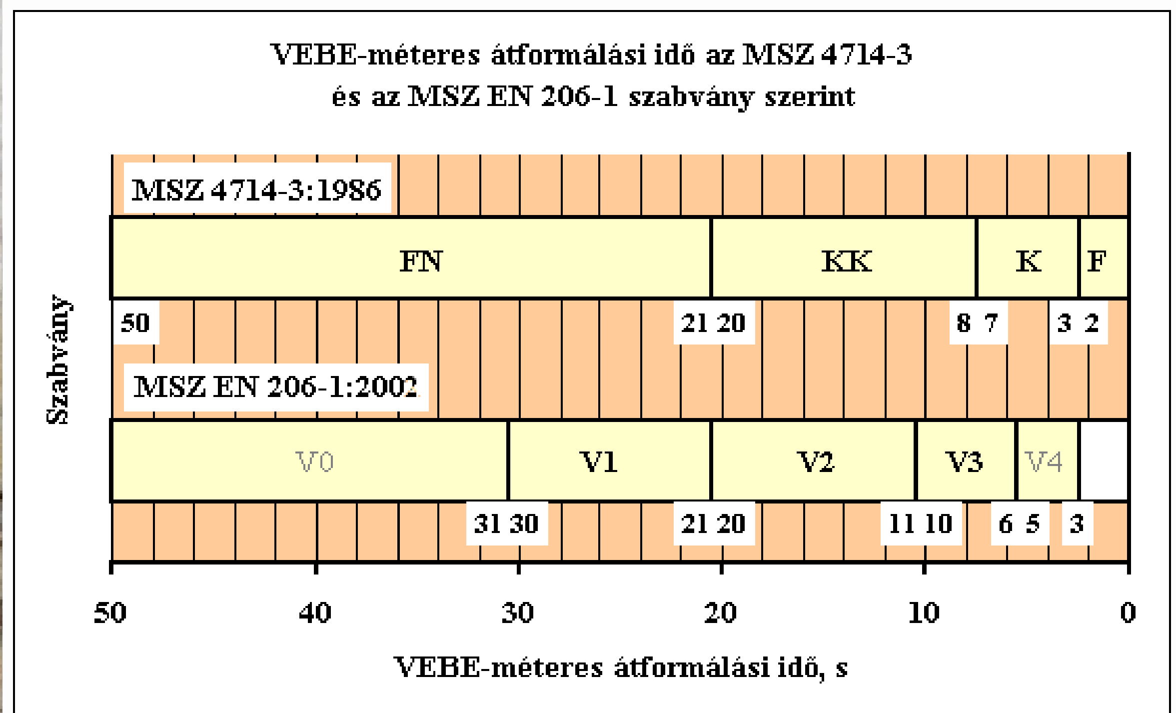
Osztályba sorolás az MSZ 16000-2:1990 szerint	
Habarcs konzisztenciája	Terülés mm
Kissé képlékeny	≤ 140
Képlékeny	150 – 200
Folyós	210 – 260
Önthető	> 260

http://www.betonopus.hu/notesz/konzisztencia/konzisztencia.pdf

Terülés mérő ejtőasztal



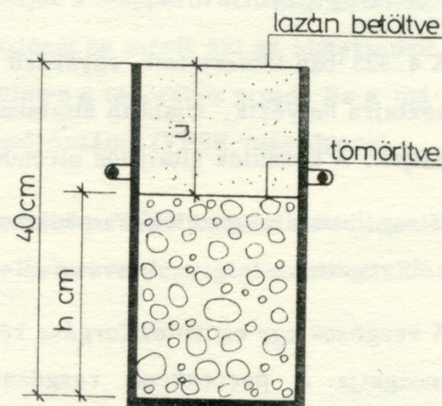
VEBE-méter
Abrams-féle roskadásmérő kúppal

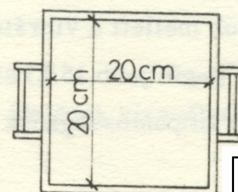


http://www.betonopus.hu/notesz/konzisztencia/konzisztencia.pdf

Walz-féle edény a tömörítési mérték meghatározására

Weiss György: Építőipari Laboratóriumi Méréstechnika és Műszerismeret III. kötet ÉMI 28. sz. kiadványa ÉTK Budapest, 1976.





113. ábra
Walz készülék. DIN 1045

Az MSZ 4714-3 szerinti Glanville-féle tömörödési tényező reciproka és az MSZ EN 206-1 szerinti tömörítési mérték

Szabvány

MSZ 4714-3:1986; Glanville-féle tömörödési tényező reciproka — 1/0,97

FN	KK	K	F

1/0,70 1/0,75 1/0,76 1/0,85 1/0,86 1/0,92 1/0,93

MSZ EN 206-1:2002; Tömörítési mérték

C0	C1	C2	C3	C4

1,46 1,45 1,26 1,25 1,11 1,10 1,04

1,6 1,5 1,4 1,3 1,2 1,1 1,0

Tömörödési tényező reciproka (fenn), tömörítési mérték (lenn)

Humm-féle szonda betonkonzisztencia mérésre, MSZ 4714-3:1986



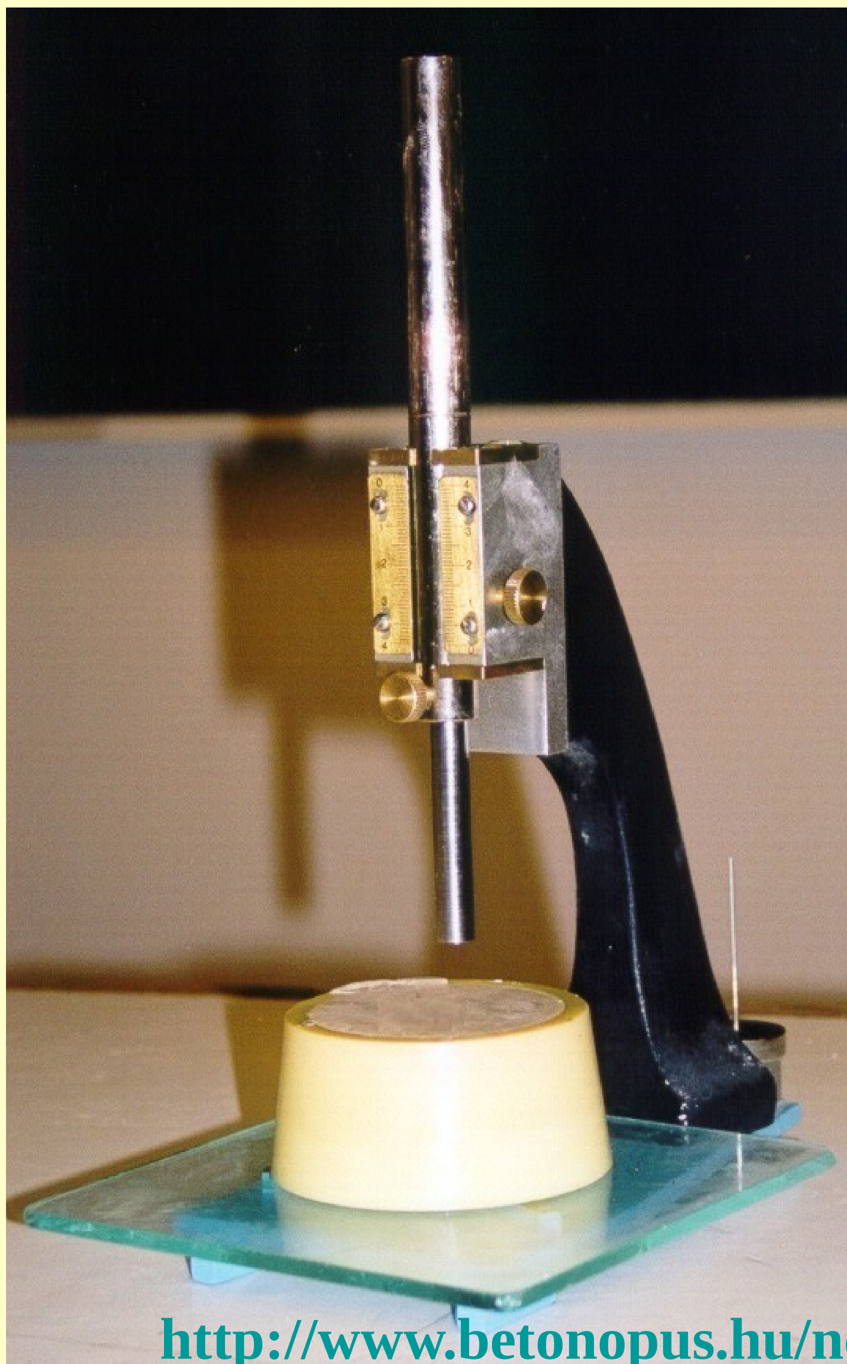
Osztályba sorolás az MSZ 4714-3:1986 szerint	
Beton konzisztenciája	*Humm*-féle behatolási ütésszám D_{max} = 16 mm esetén
Földnedves	16 – 20
Kissé képlékeny	6 – 15
Képlékeny	3 – 5
Folyós	1 – 2



http://www.betonopus.hu/notesz/konzisztencia/konzisztencia.pdf

Casagrande-féle csésze a kötött talajok folyási határának meghatározására MSZ 14045-8:1969

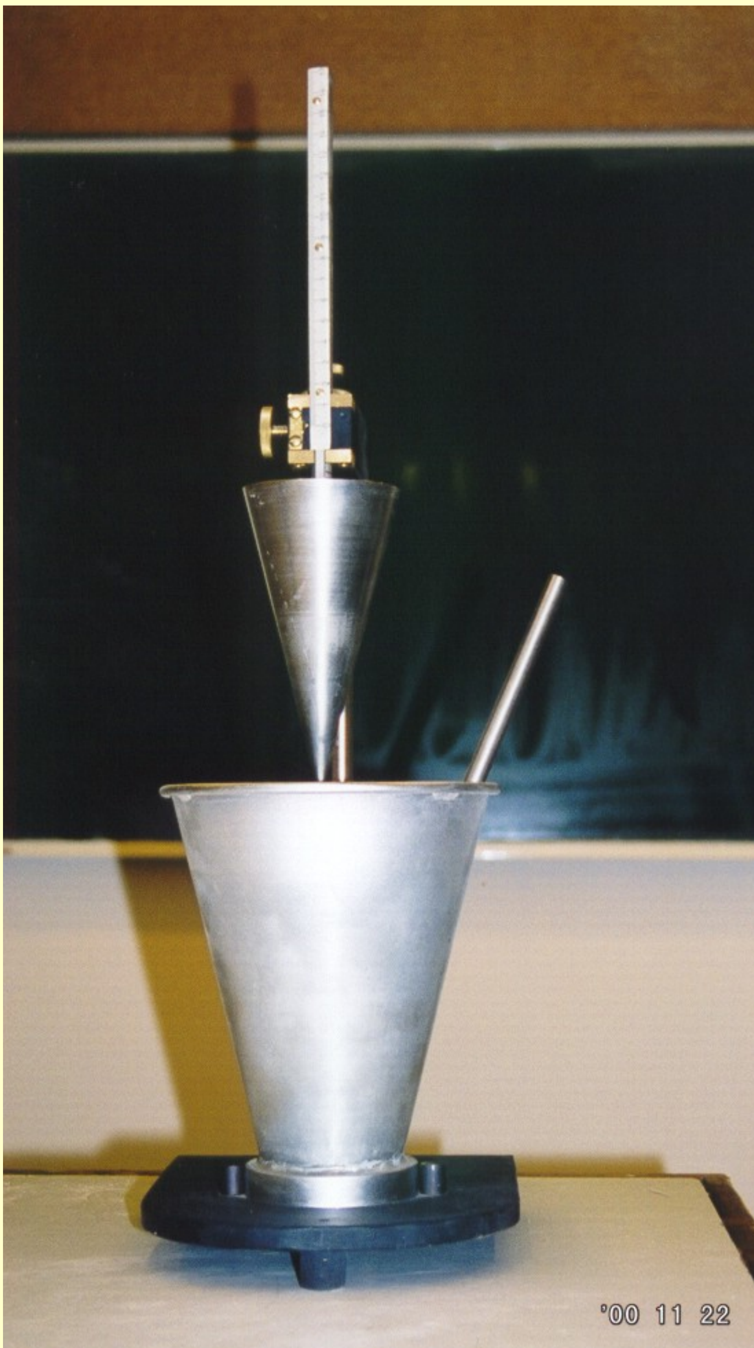




Vicat-féle készülék cementek szabványos folyósságának és kötési idejének meghatározására

MSZ EN 196-3:1990

http://www.betonopus.hu/notesz/labor-ismeret/labor-tartalom.htm



Habarcs penetrométer a habarcs konzisztenciájának meghatározására a kúpsülyedéssel

MSZ EN 1015-4:1999

MSZ 16000-3:1990

Osztályba sorolás az MSZ 16000-2-1990 szerint	
Habarcs konzisztenciája	Kúpsüllyedés mm
Kissé képlékeny	≤ 20
Képlékeny	21 – 60
Folyós	61 – 120
Önthető	> 120

Kapcsolódó világhálós olvasmányok

Kőanyaghalmazok (pl. zúzottkövek) szemalak vizsgálata tölcséres kifolyással:

http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/tolcseres-kifolyas.pdf

Festékek sűrűségének vizsgálata tölcséres kifolyással:

http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/festek-kifolyas.pdf

Friss beton konzisztenciája és a cement kötési ideje:

http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/17-betonkonz/17-betonkonz.htm **(később tervezem pdf-re változtatni)**

http://www.betonopus.hu/notesz/konzisztencia/konzisztencia.pdf

http://www.betonopus.hu/notesz/kutyanyelv/konzisztencia-atszam-abra.pdf

http://www.betonopus.hu/notesz/labor-ismeret/labor-tartalom.htm

Folyósító és egyéb adalékszerek:

http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/49-50-adalekszerek.pdf

Irodalom

Höppler, F. Über Zähigkeitsmessungen flüssiger Stoffe und ein neues Universal-Viskosimeter. Chemiker Zeitung, 1933.

Weiss György: Építőipari Laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. III. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1976.

KÖSZÖNÖM SZÉPEN A FIGYELMÜKET